

**Efeito da aplicação de um corretivo calcário marinho com  
adição de extratos de algas (“Physiolith”) nas culturas do  
amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e da vinha (*Vitis vinifera* L.)**

**Samuel Pedrosa Guerreiro**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Agronómica – Hortofruticultura e Viticultura**

Orientadores: Professor Doutor Henrique Manuel Filipe Ribeiro

Engenheiro Marco Paulo Ferrão Morais Silva

**Júri:**

Presidente: Doutor Joaquim Miguel Rangel da Cunha Costa, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor Ernesto José de Melo Pestana de Vasconcelos, Professor Catedrático Aposentado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutor Henrique Manuel Filipe Ribeiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

## **I. Agradecimentos**

Dedico este espaço àqueles que deram a sua contribuição para que esta dissertação chegasse a bom porto. A cada um deles manifesto aqui o meu sincero agradecimento.

Primeiramente, agradeço ao Prof. Doutor Henrique Ribeiro a forma como orientou a minha dissertação. Sinto-me grato não só pelos seus ensinamentos académicos e espírito crítico construtivo com que analisou o meu trabalho, como também pela liberdade de ação que me concedeu, que em muito contribuiu para o meu desenvolvimento pessoal.

Em segundo lugar, deixo um agradecimento à empresa TIMAC (VITAS PORTUGAL), sem a qual este estudo não se realizaria. Em particular, agradeço ao Eng. Marco Morais pela sua simpatia e trabalho de coorientação, ao Eng. Nuno Sanches pelo estabelecimento de contatos com os responsáveis das explorações onde decorreram os ensaios e ao Sr. Nuno Santos o apoio prestado na instalação e condução dos mesmos.

Deixo também uma palavra de agradecimento aos responsáveis das explorações agrícolas que serviram de base para a realização dos ensaios de campo, nomeadamente ao Eng. Alfredo Gonçalves Ferreira (“Barbas”) e Eng. António Ribeiro (“Casa Ermelinda Freitas”), pela receptividade e confiança depositada neste estudo.

Agradeço também ao Eng. Miguel Martins pela disponibilidade, colaboração e apoio ao nível da execução das análises laboratoriais.

Gostaria ainda de expressar um agradecimento à Prof. Doutora Cristina Oliveira, pela sua cordialidade e sugestões de melhoria no âmbito da primeira fase desta dissertação.

Finalmente, pretendo expressar a minha gratidão para com os meus Amigos, Pais e Irmão, que sempre me apoiaram e instigaram desde o início da minha formação académica. Agradeço-lhes o amor manifestado em todos os momentos, bem como a compreensão pela necessidade de alguns outros em que estive mais ausente.

## II. Resumo

Os recentes corretivos minerais de terceira geração, que permitem simultaneamente a correção da acidez do solo, a nutrição vegetal e a estimulação fisiológica da planta, apresentam-se como uma alternativa promissora face aos calcários tradicionais. Pretendeu-se avaliar o efeito da aplicação de um corretivo calcário marinho com adição de extratos de algas – o Physiolith –, nas culturas do amendoim e da vinha, em termos de propriedades químicas do solo, estado nutricional das plantas e produtividade final. O delineamento experimental consistiu em quatro blocos ao acaso, com cinco modalidades: a testemunha (sem corretivos), uma dose de calcário calcítico (2 t/ha e 1 t/ha, respetivamente na vinha e amendoim) e três doses de Physiolith (0,25, 0,5 e 1 vezes a dose de calcário calcítico); no amendoim, implementaram-se duas modalidades adicionais: calcário magnesiano (1 t/ha) e gesso (1,5 t/ha). Na época adequada, realizaram-se análises ao solo (pH; CE; MO; P, K e Mg extraíveis; Ca, Mg, K e Na de troca; AT; SBT; CTCe; Graus de saturação em Ca, Mg, K e Na; GSB e Relações Ca/Mg, Ca/K e K/Mg), análises de plantas (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Zn, Fe, Mn e B) e pesagens de frutos. Os respetivos valores obtidos foram submetidos a ANOVA e testes LSD de comparação de médias ( $\alpha = 0,05$ ). Os benefícios ( $p < 0,05$ ) do Physiolith, face à testemunha, manifestaram-se exclusivamente nas propriedades químicas do solo da vinha: pH (11%), Ca de troca (63%), Na de troca (28%), AT (-22%), SBT (49%), CTCe (29%), Grau de saturação em Ca (32%) e GSB (18%); apenas na Relação Ca/Mg, na dose máxima, o seu efeito foi negativo. Comparativamente ao calcário calcítico, observaram-se ainda vantagens daquele corretivo no Grau de saturação em Mg, Grau de saturação em Na e Relação Ca/Mg. Os benefícios do Physiolith só se verificaram até à dose média (1 t/ha); a dose mínima (0,5 t/ha) foi sempre estatisticamente idêntica à testemunha e a dose máxima (2 t/ha) similar à média.

**Palavras-chave:** corretivos minerais, nutrição vegetal, bioestimulantes, *Arachis hypogaea* L., *Vitis vinifera* L.

### III. Abstract

The recent third generation correctives, which allow the simultaneous correction of the soil acidity, plant nutrition and plant physiological stimulation, seem to be a promising alternative compared to traditional limestones. It was intended to assess the effect of a marine limestone corrective with algae extracts – the Physiolith –, in peanut crop and vineyard, in terms of soil's chemical properties, plants' nutritional status and yield. In both cultures, the experimental design consisted on four randomized complete blocks, with five treatments: the control (without correctives), a dose of calcitic limestone (2 t/ha and 1 t/ha, respectively in vineyard and peanut) and three doses of Physiolith (equivalent to 0.25, 0.5 and 1 times the dose of the calcitic limestone); in the peanut crop, were implemented two additional treatments: magnesium limestone (1 t/ha) and gypsum (1,5 t/ha). At the right time, they were performed land analysis (pH; electrical conductivity; organic matter; extractable P, K and Mg; exchange Ca, Mg, K and Na; exchange acidity; sum of exchange basis; cations exchange capacity; degrees of saturation in Ca, Mg, K and Na; Ca/Mg, Ca/K and K/Mg ratios), plant analysis (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, B) and fruit weighing. The obtained values were submitted to ANOVA and LSD tests of means comparison ( $\alpha = 0.05$ ). The benefits ( $p < 0.05$ ) of Physiolith, compared to the control, were exclusively observed on the soil's chemical properties in the vineyard: pH (11%), exchange Ca (63%), exchange Na (28%), exchange acidity (-22%), sum of exchange basis (49%), cation exchange capacity (29%), degree of saturation in Ca (32%) and degree of saturation in basis (18%); only in the Ca/Mg ratio (maximum dose) its effect was negative. Compared to the calcitic limestone, the Physiolith benefits were observed in the degree of saturation in magnesium, degree of saturation in sodium (if it is a beneficial element) and Ca/Mg ratio. All those advantageous situations only occurred until the average dose of Physiolith (1 t/ha); the minimum dose (0.5 t/ha) was always statistically equal to the control and the maximum dose (2 t/ha) equal to the average one.

**Keywords:** mineral correctives, plant nutrition, biostimulants, *Arachis hypogaea* L., *Vitis vinifera* L.

## IV. Índice

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Amendoim .....</b>	<b>14</b>
2.1.1. Produção e importância económica .....	14
2.1.2. Caracterização botânica.....	14
2.1.3. Ciclo biológico .....	15
2.1.4. Condições edafoclimáticas.....	16
2.1.5. Fertilização .....	16
<b>2.2. Vinha .....</b>	<b>18</b>
2.2.1. Produção e importância económica .....	18
2.2.2. Caracterização botânica.....	19
2.2.3. Ciclo biológico .....	19
2.2.4. Condições edafoclimáticas.....	20
2.2.5. Fertilização .....	21
<b>2.3. Correção da acidez do solo.....</b>	<b>22</b>
2.3.1. Acidez do solo .....	22
2.3.2. Influência no crescimento vegetal .....	23
2.3.3. Corretivos alcalinizantes: calcários .....	24
<b>2.4. Extratos de algas como bioestimulantes .....</b>	<b>27</b>
2.4.1. Extratos de algas .....	27
2.4.1.1. Efeito de extratos de algas na cultura do amendoim.....	31
2.4.1.2 Efeito de extratos de algas na cultura da vinha .....	31
<b>2.5. Produto testado: “Physiolith” .....</b>	<b>32</b>
2.5.1. Aminopurinas.....	32
2.5.2. Efeito do Physiolith nas culturas .....	34
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1. Caracterização dos locais experimentais.....</b>	<b>36</b>
3.1.1. Amendoim .....	36
3.1.2. Vinha.....	36
<b>3.2. Corretivos minerais testados.....</b>	<b>37</b>
3.2.1. Physiolith .....	37
3.2.2. Calcário calcítico .....	38
3.2.3. Calcário magnesiano.....	38
3.2.4. Gesso .....	38
<b>3.3. Ensaios de campo .....</b>	<b>39</b>
3.3.1. Seleção dos locais.....	39

3.3.2. Modalidades de ensaio.....	39
3.3.3. Quantidades aplicadas.....	40
3.3.4. Delineamento experimental.....	41
3.3.5. Instalação e condução dos ensaios .....	42
<b>3.4. Parâmetros estudados.....</b>	<b>44</b>
3.4.1. Análises ao solo .....	44
3.4.1.1. Colheita de amostras.....	44
3.4.1.2. Métodos laboratoriais .....	45
3.4.2. Análise foliar .....	46
3.4.2.1. Colheita de amostras.....	46
3.4.2.2. Métodos laboratoriais .....	47
3.4.3. Análise de produtividade final .....	49
<b>3.5. Análise estatística .....</b>	<b>49</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. Propriedades químicas do solo .....</b>	<b>50</b>
4.1.1. Vinha.....	50
4.1.2. Amendoim .....	60
<b>4.2. Estado nutricional das plantas .....</b>	<b>63</b>
4.2.1. Vinha.....	63
4.2.2. Amendoim .....	66
<b>4.3. Produtividade final .....</b>	<b>69</b>
4.3.1. Vinha.....	69
4.3.2. Amendoim .....	71
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo I</b> – Evolução do pH de um solo em função de dois corretivos: Calcimer e Carbonato. Fonte: TIMAC (2014). ....	
	82
<b>Anexo II</b> – Biodisponibilidade de alguns nutrientes, na cultura do azevém, em função do corretivo alcalinizante: Calcimer, carbonato de cálcio terrestre e cal viva (controle = base 100 = solo sem corretivo). Fonte: TIMAC (2014). ....	
	82
<b>Anexo III</b> – Evolução do teor de azoto nítrico mineralizado em função da dose de Calcimer aplicada (600 e 1200 Kg/ha), em relação ao controle (sem aplicação). Fonte: TIMAC (2014). ....	
	82
<b>Anexo IV</b> – Evolução dos macroagregados estáveis, superiores a 200 microns (%MS), em função do corretivo alcalinizante (Calcimer e Carbonato), em relação à testemunha. Fonte: TIMAC (2014). ....	
	83
<b>Anexo V</b> – Evolução da taxa de sobrevivência na cultura do milho (à esquerda) e respetivo desenvolvimento radicular (à direita), com e sem aplicação de Physiolith. Fonte: TIMAC (2014)...	
	83
<b>Anexo VI</b> – Número de espigas maduras e rendimento em grão (milho) por hectare, em três modalidades distintas (a testemunha e duas doses de Physiolith). Fonte: TIMAC (2014). ....	
	83

<b>Anexo VII</b> – Boletim de análises de terra do campo de ensaio da cultura do amendoim. ....	84
<b>Anexo VIII</b> – Boletim de análises de terra do campo de ensaio da cultura da vinha. ....	85
<b>Anexo IX</b> – Ficha técnica de produto: Physiolith. ....	86
<b>Anexo X</b> – Ficha técnica de produto: Tudicarb (calcário calcítico). ....	87
<b>Anexo XI</b> – Embalagem: Capeasy 80 Duo 10 (calcário magnesiano). ....	88
<b>Anexo XII</b> – Ficha técnica de produto: Gesso. ....	89
<b>Anexo XIII</b> – Valores de pH em diferentes pontos das parcelas das culturas da vinha e do amendoim. ....	90
<b>Anexo XIV</b> – Quantidade de calcário (t/ha) necessária para corrigir a acidez até pH (H <sub>2</sub> O) cerca de 6,5 ou pH (KCl) cerca de 5,5 (Santos, 2015). ....	90
<b>Anexo XV</b> – Classificação da capacidade de troca catiónica (CTC), grau de saturação em bases (GSB) e bases de troca do solo. ....	90
<b>Anexo XVI</b> – Classificação do grau de saturação do solo em Ca, Mg e K. ....	91
<b>Anexo XVII</b> – Relação Ca/Mg mais favorável à nutrição vegetal e seu efeito sobre algumas propriedades físicas do solo. ....	91
<b>Anexo XVIII</b> – Médias de Fósforo extraível (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ext), Potássio extraível (K <sub>2</sub> O ext) e Magnésio extraível (Mg ext), expressos em mg/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano. ....	91
<b>Anexo XIX</b> – Médias de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Sódio (Na) de troca e Acidez de troca, expressos em cmol(+)/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano. ....	92
<b>Anexo XX</b> – Médias de SBT e CTCe (cmol+/kg) em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano. ....	92
<b>Anexo XXI</b> – Médias dos Graus de saturação em Cálcio, Magnésio e Sódio (% CTCe) em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano. ....	93
<b>Anexo XXII</b> – Médias das Relações Ca/Mg, Ca/K e K/Mg em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano. ....	93
<b>Anexo XXIII</b> – Valores de referência para interpretação da análise foliar na cultura da vinha. ....	93
<b>Anexo XXIV</b> – Valores de referência para interpretação da análise foliar na cultura do amendoim. ....	94

## V. Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Morfologia de uma planta de amendoim. Fonte: Franz Köhler.....	15
<b>Figura 2</b> - Morfologia de uma videira: ramo (1), tronco (2) e sistema radicular (3). Ramos (R) saídos dos gomos latentes da vara (a) ou do talão (c) e ramo ladrão (g), saído de um gomo no lenho velho. Adaptado de Reynier (2004). .....	19
<b>Figura 3</b> - Relação entre o pH e a biodisponibilidade de alguns nutrientes no solo. Fonte: Nutrient Technologies. ....	24
<b>Figura 4</b> - Efeitos da aplicação de aminopurinas: aumento (18%) do número de caules por planta (à esquerda) e evolução do seu teor ao longo das fases de floração e desenvolvimento dos frutos (à direita). Fonte: TIMAC (2014). ....	33
<b>Figura 5</b> - Esquema geral da ação aminopurinas-cálcio. Fonte: TIMAC (2014). ....	34
<b>Figura 6</b> - Principais efeitos benéficos do Physiolith ao nível do solo, da nutrição vegetal e da sua ação fisiológica. Esquema do autor. ....	35
<b>Figura 7</b> - Visão geral dos campos de ensaio das culturas do amendoim e da vinha. ....	37
<b>Figura 8</b> - Delineamento experimental na cultura da vinha, existindo cinco modalidades e quatro blocos (repetições). ....	41
<b>Figura 9</b> - Delineamento experimental na cultura do amendoim, existindo sete modalidades e quatro blocos (repetições). ....	42
<b>Figura 10</b> - Sequência de passos adotados na instalação dos ensaios na cultura do amendoim: (a) marcação de estacas junto ao caminho; (b) marcação das restantes estacas; (c) distribuição manual do Physiolith; (d) distribuição manual do gesso. ....	43
<b>Figura 11</b> - Sequência de procedimentos adotados no âmbito das análises de terra: colheita de amostras; crivagem (malha de 2 mm); armazenamento e identificação das amostras. ....	45
<b>Figura 12</b> - Colheita de amostras de material vegetal nas culturas da vinha e do amendoim. ....	47
<b>Figura 13</b> - Sequência de procedimentos laboratoriais adotados como pré-tratamento das amostras de folhas, na cultura do amendoim: secagem em estufa (65°C); moagem; armazenamento e identificação das amostras. ....	48
<b>Figura 14</b> - Momento de colheita das uvas (1-10-2018) e do amendoim (4-10-2018). ....	49
<b>Figura 15</b> - Estado dos cachos de uvas, no dia de colheita (1-10-2018), devido a escaldão. ....	70



## VI. Índice de Quadros

<b>Quadro 1</b> - Quantidade de corretivos minerais (kg) a aplicar em função da modalidade e dose (t/ha) e área (m <sup>2</sup> ) respectivas. ....	41
<b>Quadro 2</b> - Sequência de etapas adotadas na instalação e condução dos ensaios na cultura da vinha. ....	42
<b>Quadro 3</b> - Sequência de etapas adotadas na instalação e condução dos ensaios na cultura do amendoim. ....	43
<b>Quadro 4</b> - Resultados da ANOVA (valor-p) das propriedades químicas do solo, na cultura da vinha. ....	50
<b>Quadro 5</b> - Médias de pH (H <sub>2</sub> O), Condutividade elétrica (CE, $\mu$ S/cm) e Matéria orgânica (MO, %), em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico (2 t/ha); B – Testemunha; C – Physiolith máximo (2 t/ha); D – Physiolith médio (1 t/ha); E – Physiolith mínimo (0,5 t/ha). ....	51
<b>Quadro 6</b> - Médias de Fósforo extraível (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ext), Potássio extraível (K <sub>2</sub> O ext) e Magnésio extraível (Mg ext), expressos em mg/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E- Physiolith mínimo. ....	52
<b>Quadro 7</b> - Médias de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Sódio (Na) de troca e Acidez de troca (AT), expressos em cmol+/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo. ....	52
<b>Quadro 8</b> - Médias da Soma das bases de troca (SBT) e Capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe), expressas em cmol+/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo. ....	54
<b>Quadro 9</b> - Médias dos Graus de saturação em Cálcio, Magnésio e Sódio (% CTCe), em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo. ....	55
<b>Quadro 10</b> - Médias das Relações Ca/Mg, Ca/K e K/Mg, em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo. ....	58
<b>Quadro 11</b> - Resultados da ANOVA das propriedades químicas do solo, na cultura do amendoim... ..	60
<b>Quadro 12</b> - Médias de pH (H <sub>2</sub> O), Condutividade elétrica (CE, $\mu$ S/cm) e Matéria orgânica (MO, %), em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio (0,5 t/ha); B – Physiolith máximo (1 t/ha); C – Physiolith mínimo (0,25 t/ha); D – Testemunha; E – Gesso (1,5 t/ha); F – Calcário calcítico (1 t/ha); G – Calcário magnesiano (1 t/ha). ....	61
<b>Quadro 13</b> - Resultados da ANOVA dos parâmetros do estado nutricional da cultura da vinha. ....	63
<b>Quadro 14</b> - Médias dos teores foliares de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo. ....	64

**Quadro 15** - Médias dos teores foliares de micronutrientes (Na, Fe, Cu, Zn, Mn e B), em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo. .... 65

**Quadro 16** - Resultados da ANOVA dos parâmetros do estado nutricional da cultura do amendoim. 66

**Quadro 17** - Médias dos teores foliares de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano..... 67

**Quadro 18** - Médias dos teores foliares de micronutrientes (Na, Fe, Cu, Zn, Mn e B), em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano. ... 67

**Quadro 19** - Médias de produtividade (kg/planta), em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo. .... 69

**Quadro 20** - Médias de produtividade (g/planta), em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano..... 71

## VII. Lista de Símbolos e Abreviaturas

$\alpha$  – nível de significância

ANOVA – análise de variâncias

AT – acidez de troca

B – boro

Ca – cálcio

CE – condutividade elétrica

CTC – capacidade de troca catiónica

CTCe – capacidade de troca catiónica efetiva

Cu – cobre

cv. – cultivar

DAS – dias após sementeira

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

Fe – ferro

GSB – grau de saturação em bases

K – potássio

LQARS – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva

Mg – magnésio

Mn - manganês

MO – matéria orgânica

N – azoto

Na – sódio

P – fósforo

S – enxofre

SBT – soma das bases de troca

Zn – zinco

# 1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, à semelhança do que se verifica na generalidade das regiões mais pluviométricas, há um evidente predomínio de solos ácidos (Varennnes, 2003; Santos, 2015). Neste contexto, a acidez dos solos deve-se, em grande medida, quer à entrada de protões (hidrogénio) provenientes da precipitação, quer à lixiviação de bases no complexo de troca do solo, que são progressivamente substituídas por iões acídicos, como o hidrogénio e o alumínio.

É consensual que os solos ácidos constituem um fator limitante primordial ao desenvolvimento da maioria das culturas. Este problema prende-se com questões de natureza distinta, nomeadamente: a toxicidade associada aos iões alumínio e manganês, sobretudo para pH's abaixo de 5,5; a menor biodisponibilidade de nutrientes, principalmente cálcio, magnésio, fósforo e molibdénio; a redução da atividade dos microrganismos do solo e, subsequentemente, a menor taxa de mineralização da matéria orgânica, de nitrificação e de fixação de azoto atmosférico pelo rizóbio.

Segundo Varennnes (2003), a neutralização da acidez do solo, através da aplicação de corretivos alcalinizantes (calagem), geralmente calcários, é a prática cultural que mais pode beneficiar a produtividade dos solos ácidos. A utilização destes produtos garante não só uma subida do pH e, como consequência, a resolução dos problemas anteriormente mencionados, mas também favorece quer a estruturação do solo, devido às propriedades floculantes do cálcio, quer o enriquecimento do solo em nutrientes que esses corretivos contenham (geralmente, cálcio e magnésio).

A este respeito, é oportuno notar que as culturas do amendoim e da vinha – ambas com importância socioeconómica crescente em Portugal e no mundo – são particularmente sensíveis, respetivamente, às carências de cálcio e de magnésio (LQARS, 2006), pelo que a calagem assume aqui particular relevância. Em relação ao amendoim, atente-se ainda que se trata de uma cultura leguminosa, em que a fixação de azoto atmosférico, posteriormente utilizável pela planta, é severamente comprometida em condições de elevada acidez do solo.

Além dos benefícios associados aos corretivos alcalinizantes, também o recurso a bioestimulantes, como os extratos de algas, tem demonstrado ser uma mais-valia na agricultura. Num contexto de globalização dos mercados agrícolas e aumento de competitividade dos mesmos, de preocupações crescentes com as questões de sustentabilidade ecológica e ambiental, e de franca expansão da agricultura biológica, a utilização destes produtos naturais apresenta-se como uma potencial alternativa de extrema utilidade.

Apesar de estarem amplamente documentados os efeitos benéficos associados à aplicação individual de corretivos calcários e de extratos de algas, pouco se sabe sobre as mais-valias da utilização de um produto que contemple as duas vertentes em causa, ou seja, a correção da acidez do solo e o estímulo fisiológico das culturas; em particular, no que se refere às culturas do amendoim e da vinha, desconhecem-se totalmente tais efeitos. Nesse sentido, o produto sobre o qual se debruça esta

investigação é o “Physiolith”, um corretivo calcário marinho com adição de extratos de algas pardas, exclusivamente comercializado pela empresa TIMAC (VITAS PORTUGAL).

Assim, o principal objetivo deste trabalho consiste em avaliar os efeitos decorrentes da aplicação do Physiolith nas culturas do amendoim e da vinha, em termos de propriedades químicas do solo (com análises ao solo), do estado nutricional das plantas (análises foliares) e da produtividade final. No caso do amendoim, pretende-se ainda testar se a utilização deste produto permite substituir a usual aplicação de gesso à floração.

Para tal, em ambas as culturas, implementaram-se cinco modalidades ou tratamentos: a testemunha (sem aplicação de corretivos); a dose de calcário tradicional (calcítico) recomendada para o solo em questão; e três doses de Physiolith, equivalentes a 0,25, 0,5 e 1 vezes a dose de calcário. Na cultura do amendoim, testaram-se ainda duas modalidades adicionais: uma dose de calcário magnesiano equivalente à de calcário e a dose de gesso normalmente usada na exploração agrícola.

Na cultura da vinha, os tratamentos realizaram-se em meados do mês de março. No entanto, no caso do amendoim, devido à necessidade de se realizar um nivelamento de terras antes da sementeira, a aplicação dos corretivos só se efetuou após a preparação do solo para instalação da cultura, isto é, no início de maio. Deste modo, é de ressaltar que os resultados obtidos neste estudo estão condicionados pelo fato de os corretivos utilizados possivelmente não terem tempo suficiente para manifestar plenamente as suas potencialidades.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o enquadramento teórico da tese, evidenciando o estado atual do conhecimento sobre o tema. Encontra-se estruturado em cinco subcapítulos: nos dois primeiros, descrevem-se as culturas em estudo; no terceiro, abordam-se as consequências da acidez do solo e os modos de correção da mesma; no quarto, apresentam-se as potencialidades dos extratos de algas como bioestimulantes e; no último, descrevem-se os possíveis benefícios associados ao Physiolith.

### 2.1. Amendoim

O amendoim (*Arachis Hypogaea* L.), também designado no sul de Portugal por “alcagoita”, é originário da América do Sul (Argentina ou Bolívia), encontrando-se vestígios desta planta com cerca de 7600 anos. Terá sido introduzido na Europa no século XVIII. Atualmente, é cultivado em todos os continentes, entre as latitudes de 40°N e 40°S (Duarte, 2008).

#### 2.1.1. Produção e importância económica

Entre as oleaginosas com maior área cultivada, a nível mundial, a cultura do amendoim surge em quarto lugar, com 27 660 802 ha, sendo cerca de 2,6 vezes superior à área de olival (FAO, 2016). Atualmente, neste grupo, é apenas superada pelas culturas da soja, colza e algodão.

Em 2016, a produção mundial foi de 43 982 066 t, sendo liderada pela Ásia (60,6%), seguida de África (29%), América (10,4%), Austrália (0,1%) e Europa (< 0,1%). A China é o principal produtor de amendoim, representando 38% do total (FAO, 2016). A produtividade mundial, segundo a mesma fonte, é de aproximadamente 1,6 t/ha.

Em Portugal, apesar do abandono progressivo da cultura em Aljezur, a partir de meados da década de 80, devido a um abaixamento de preços (Duarte, 2008), a Torriba tem hoje 15 produtores de amendoim em cerca de 450 ha, no âmbito da parceria (desde 2011) com a PepsiCo. Embora a produtividade média ronde as 3,8 t/ha, pode alcançar-se 5,5 a 6 t/ha (Freire, 2017).

Um dos atuais pontos críticos para esta cultura é a instabilidade do clima, associada quer a primaveras chuvosas, que atrasam as sementeiras, quer à ocorrência antecipada das primeiras chuvas outonais, prejudicando a fase de colheita (Freire, 2017). Trata-se, porém, de uma cultura compensadora, tendo o mercado do amendoim um potencial muito grande, até porque Portugal é um grande consumidor (Anónimo, 2017).

#### 2.1.2. Caracterização botânica

O amendoim (Figura 1) é uma espécie dicotiledónea anual da família das Fabáceas. O nome científico é *Arachis hypogaea* L. – *Arachis* traduz o nome do género e significa “noz” e *hypogaea*, “debaixo de terra”. Em termos genéticos é um alotetraplóide (4n) (Duarte, 2008).

É uma planta herbácea, de pequeno porte, folhas compostas de inserção alternada e crescimento indeterminado, quer a nível vegetativo quer reprodutivo (Grichar et al., s.d.). As flores são férteis, hermafroditas e autógamas. Após o crescimento ocorre o desenvolvimento de uma estrutura designada por pedicelo que leva a que o fruto (vagem com número variável de sementes) se desenvolva subterraneamente, até 5 a 20 cm de profundidade (Duarte, 2008).



Figura 1 - Morfologia de uma planta de amendoim. Fonte: Franz Köhler.

A raiz é apumada com inúmeras ramificações laterais sem pelos radiculares, onde se encontram vários nódulos, resultado da relação simbiótica de rizobactérias com a planta, existindo fixação de azoto atmosférico aproveitável por esta última (Waele & Swanevelder, 2001). A maior concentração de raízes localiza-se nos primeiros 25 cm (Pinto et al., 2008), embora possa atingir profundidades superiores, nomeadamente cerca de 1 m, 60 DAS, e 1,8 a 2,1 m, no final do ciclo cultural (Grichar et al., s.d.).

Em termos taxonómicos, esta espécie engloba 2 subespécies e 4 variedades (Grichar et al., s.d.): “hypogaea” (virginia) e “hirsuta” (runner), de crescimento de tipo prostrado, e “fastigata” (valencia) e “vulgaris” (spanish), de tipo ereto. O agricultor deverá optar pela variedade mais adequada ao sistema de produção e mercado em que se insere (Waele & Swanevelder, 2001).

### 2.1.3. Ciclo biológico

O ciclo biológico (ou cultural) pode variar entre 130 e 170 dias, em função da variedade, da data de sementeira, da temperatura, da humidade do solo, entre outros (Grichar, s.d.). O ciclo pode dividir-se em nove estádios, destacando-se os seguintes (Anco, 2017): emergência (7 DAS), floração (35 DAS), formação de pedicelos (45 DAS), início do enchimento das vagens (60 DAS) e início da maturação (100 DAS). O momento de colheita, já que o crescimento é indeterminado, define-se pela presença de 70 a 80% das vagens maduras, consoante a variedade em questão (Grichar et al., s.d.).

#### **2.1.4. Condições edafoclimáticas**

É uma cultura de estação quente e que exige abundante intensidade luminosa, para um adequado desenvolvimento (Mukhtar et al., 2013). A área de cultivo situa-se, essencialmente, entre os 40°S e 40°N (Duarte, 2008; Waele & Swanevelder, 2001).

A duração do ciclo cultural depende sobretudo da temperatura, sendo 30°C o valor ótimo de desenvolvimento vegetativo (Waele & Swanevelder, 2001). Acima de 33°C e abaixo de 18°C, verifica-se uma redução na produtividade (Anónimo, 2002; citado em Mukhtar, 2013). Abaixo dos 20°C, as taxas de germinação e crescimento da planta decrescem abruptamente (Augstburger et al., 2000); algumas cultivares podem sofrer cloroses a partir dos 15°C. A sementeira deve efetuar-se apenas quando a temperatura do solo, a 10 cm de profundidade, durante 3 dias consecutivos, for superior a 20°C (Monfort et al., 2018).

A cultura prefere solos franco-arenosos e franco-argilo-arenosos, bem drenados (Waele & Swanevelder, 2001). Embora resistente à seca, a cultura beneficia de uma adequada humidade do solo, sobretudo entre o início da floração e até duas semanas antes do momento de colheita (Mukhtar et al., 2013). Após esse período, não deverá haver excessos de humidade do solo, para evitar o aparecimento de doenças, quebras de qualidade (Paquete, 2012) e dificuldades no arranque das vagens (Waele & Swanevelder, 2001). A dotação total de água requerida é de aproximadamente 600 mm (Monfort et al., 2018).

De acordo com Johnson (1987), Grichar et al. (s.d) e Monfort et al. (2018), o pH do solo recomendado é de 6 a 6,5; segundo Anco et al. (2017), é de 5,8 a 6,2, embora seja recomendável um valor mais próximo de 6,2, devido às exigências da cultura em cálcio. Bolonezhi et al. (2005) sugere como faixa adequada para a fixação biológica do azoto, um pH de 5,9 a 6,3. De acordo com outro autor (LQARS, 2006) a gama de pH entre 6 e 7,5 é a mais favorável.

#### **2.1.5. Fertilização**

O amendoim responde melhor à fertilidade residual do solo do que às aplicações diretas de fertilizantes. Por esta razão, as práticas de fertilização adotadas na cultura precedente, associadas a um racional esquema de rotações, são extremamente importantes (Grichar et al., s.d.). Assim, se a cultura precedente tiver sido bem gerida, em geral não é necessária a adição de fertilizantes ao solo na campanha do amendoim (Anco et al., 2017).

Como oportunamente referido, de acordo com vários autores, a faixa de pH recomendada é de 6 a 6,5. Abaixo de pH 6 poderão existir problemas de toxicidade associados ao alumínio, manganês e zinco, a par de uma acentuada redução da disponibilidade de molibdénio e de vários macronutrientes, nomeadamente de cálcio. Acima de pH 6,5, aumenta o risco de uma deficiência generalizada de micronutrientes, em particular do manganês e boro. É de notar que a cultura tem alta sensibilidade às situações de carência de cálcio e boro (LQARS, 2006), compreendendo-se desde já a particular relevância da satisfação da referida faixa de pH considerada como a mais favorável.



Em solos de pH abaixo de 6, parece, pois, oportuna a realização de uma calagem. Para tal, recomenda-se a aplicação de calcário, sendo o dolomítico preferível se os teores de magnésio forem baixos (Grichar et al., s.d.; Monfort et al., 2018) – note-se que o calcário dolomítico se trata da fonte de magnésio mais económica (Monfort et al., 2018). Porém, em solos de pH superior a 6,4 e elevados níveis de cálcio, mas baixos a médios em magnésio, recomenda-se a aplicação (aproximadamente 150 kg/ha) de sulfato de potássio e magnésio. Em solos muito arenosos com pH 6 ou mais, e baixos teores de cálcio, aconselha-se a utilização de gesso (Grichar et al., s.d.).

Sendo uma leguminosa, é vantajosa a inoculação artificial com *Rhizobium*, ocorrendo a fixação de azoto atmosférico (posteriormente utilizável pela planta), economia em fertilizantes e benefício na rotação de culturas. De facto, quando bem inoculada, a cultura não costuma responder à fertilização azotada (Grichar et al., s.d.).

Dado que o sistema radicular é profundo e ramificado, com boa afinidade para o fósforo e potássio, as adubações à base destes elementos devem ser suprimidas sempre que os seus teores no solo forem superiores a 30 e 60 mg/kg, respetivamente (Monfort et al., 2018). Além disso, o excesso de potássio (e de magnésio) interfere com a absorção de cálcio, diminuindo a produtividade e qualidade do fruto; e o excesso de fósforo reduz a solubilidade do zinco, potenciando a carência deste micronutriente (Grichar et al., s.d.).

O cálcio é o elemento mais crítico para alcançar elevadas produtividade e qualidade (Grichar et al., s.d.), reduzindo o aparecimento de vagens não preenchidas e a formação de aflotoxinas; a nível das sementes, melhora o vigor e a taxa de germinação. Note-se que as plantas não respondem à aplicação foliar de cálcio, pois trata-se de um nutriente imóvel no floema. Assim, os pedicelos e as vagens absorvem o cálcio diretamente da solução do solo, devendo, portanto, encontrar-se facilmente disponível na respetiva zona de absorção (Anco et al., 2017).

As aplicações de calcário não são aconselháveis em solos com pH igual ou superior a 6,0 (Grichar et al., s.d.). Em tais casos, recomenda-se, então, a aplicação de gesso (1 t/ha), ao início da floração, sempre que os teores de cálcio no solo estejam abaixo de 500 mg/kg e a relação Ca:K seja inferior a 3:1 na zona de formação das vagens; no caso particular de amendoim para semente, independentemente do teor de cálcio no solo, deve aplicar-se 1 t/ha de gesso, ou mesmo 2 t/ha, nas cultivares de tipo Virginia (Monfort et al., 2018). Segundo outro autor (Grichar et al., s.d.), a quantidade de 1,5 t/ha (com aplicação a lanço) tem provado ser adequada.

O período crítico de absorção de cálcio inicia-se 20 dias após a penetração do pedicelo no solo até, pelo menos, 40 dias depois (Anco et al., 2017). Deste modo, e por ser relativamente solúvel em água (e arrastável para fora da zona radicular), os melhores resultados obtêm-se quando o gesso é aplicado ao início da floração (i.e., aproximadamente 30 DAS).

Como micronutrientes essenciais à cultura do amendoim, destacam-se os seguintes (Grichar et al., s.d.): boro, manganês, zinco, ferro, cobre e molibdénio.

As deficiências de boro causam o designado “coração oco”, caracterizado pelo colapso e escurecimento

das células dos cotilédones (Grichar et al., s.d.). Os teores adequados de manganês dependem muito do pH do solo, podendo ser recomendável a aplicação de sulfato de manganês. As deficiências de zinco são raras, ao contrário das situações de toxicidade, sobretudo quando o pH é baixo – neste caso, recomenda-se um ajuste de pH em função do teor deste micronutriente no solo. As deficiências de ferro e cobre traduzem-se em cloroses. As carências de molibdénio são raras, a menos que o solo seja muito ácido, mas se se verificarem, o aumento de pH, através de uma calagem, normalmente resolve tal carência nutritiva. Nos restantes casos, as deficiências em micronutrientes devem, em geral, superar-se através de adubações foliares adequadas.

## **2.2. Vinha**

O género *Vitis* engloba várias espécies, destacando-se a *Vitis vinifera* sp. *Vinifera*, simplificadaamente designada por “vinha”, como a mais utilizada na produção de vinho, e sobre a qual se debruça este estudo. Ainda que originária do Médio Oriente, acredita-se que o início do cultivo da vinha terá sido na Península Ibérica (vales do Tejo e Sado), cerca de 2000 a.C. (IVV, 2018). Atualmente, encontra-se essencialmente instalada entre os 30º e 50º de ambos os hemisférios (Veritas, 2018).

### **2.2.1. Produção e importância económica**

Em 2016, a área de vinha no mundo era de 7,5 Mha, liderada por Espanha, China, França, Itália e Turquia. No período de 2012-2016, esta área aumentou cerca de 0,7% (53000 ha) (OIV, 2017).

A produção total de uvas em 2016 foi de 78 Mt, dos quais 39% na Europa, 34% na Ásia e 18% na América. Do total de uvas produzidas em 2015, 47,3% destinaram-se à produção de vinho. A produção mundial de vinho encontra-se praticamente estabilizada desde o ano 2000, tendo sido de 247 Mhl em 2017. Os principais produtores são Itália, França, Espanha, EUA e Austrália (OIV, 2017; ViniPortugal, 2018).

O consumo mundial de vinho, em 2016, foi de 241 Mhl. Desde o ano de 2000, regista-se uma acentuada tendência de crescimento do volume e, sobretudo, do valor do comércio do vinho. Os principais exportadores são Espanha, Itália e França, que no seu conjunto representam mais de metade das exportações, tanto em volume como em valor. A Alemanha, o Reino Unido e os EUA são os maiores importadores (OIV, 2017).

Portugal ocupa o 11.º lugar quer a nível de área de vinha quer de produção de vinho, com 6,6 Mhl produzidos em 2017. As exportações em 2017 alcançaram quase 778 milhões de euros, traduzindo um aumento de 7,5% face ao ano precedente (OIV, 2017; ViniPortugal, 2018). É o maior consumidor de vinho *per capita* mundial, bem como o país que detém a maior área de vinha e de variedade de castas em relação à área total do país. No entanto, à semelhança dos restantes países europeus, as vinhas portuguesas apresentam baixas produtividades, pelo que urge a importância de se reverem e ajustarem as práticas culturais atualmente adotadas (OIV, 2017; IVV, 2018).

### 2.2.2. Caracterização botânica

A videira é uma planta perene lenhosa que pertence à família das Vitáceas (Coombe & Dry, 2001; Reynier, 2004). Na Figura 2 ilustra-se a sua morfologia.

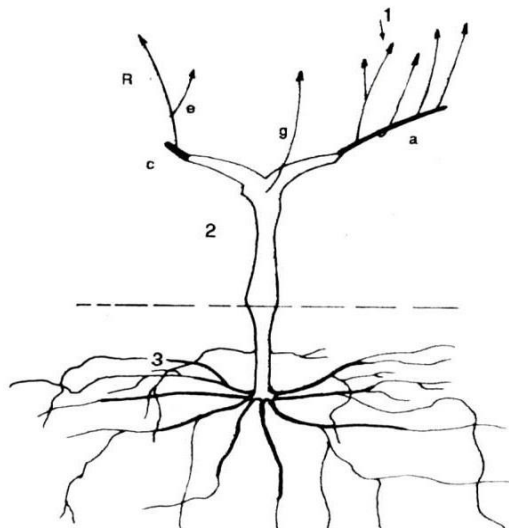


Figura 2 - Morfologia de uma videira: ramo (1), tronco (2) e sistema radicular (3). Ramos (R) saídos dos gomos latentes da vara (a) ou do talão (c) e ramo ladrão (g), saído de um gomo no lenho velho. Adaptado de Reynier (2004).

O sistema aéreo consiste num tronco retorcido, seguindo-se um ou mais braços lenhosos, os quais se dividem em ramos de poda, que podem ser longos (varas) ou curtos (talões). Estes ramos possuem gomos ou olhos que darão origem a um ramo folhoso, designado por sarmento ou pâmpano, podendo ser frutífero ou não (Reynier, 2004).

As folhas apresentam características próprias de cada espécie e variedade (castas), sendo o principal órgão de reconhecimento das mesmas. Independentemente da casta, as folhas possuem cinco lóbulos e compreendem um pecíolo, que liga o limbo ao ramo. A sua inserção no ramo é oposta e alternada (Reynier, 2004).

De acordo com o mesmo autor, o número de flores por inflorescência depende do comprimento e compacidade desta última. O número de inflorescências é determinado antes do abrolhamento. Após a floração, a inflorescência passa a designar-se por cacho. O cacho é composto por um eixo principal e eixos secundários, formando o engaço, que sustém os frutos, designados por bagos (uvas).

Quanto ao sistema radicular, a maioria das raízes das videiras adultas desenvolve-se lateralmente a partir do eixo do pé e um menor número na vertical. A densidade radicular diminui com a distância ao referido eixo. As raízes ocupam, preferencialmente, uma profundidade compreendida entre os 20 e 50 cm (Reynier, 2004), embora atinjam, em geral, 1 a 2 m de profundidade (Oliveira, 2011).

### 2.2.3. Ciclo biológico

A duração do ciclo da videira depende da variedade (casta), do clima e das características do solo. Pode variar entre 130 dias, para as variedades mais precoces instaladas nas regiões mais quentes, até mais

de 200 dias, em regiões de clima mais frio ou de tipo continental. Os estados fenológicos (relação entre os estados biológicos da planta e o clima) que caracterizam o ciclo da videira são cinco: abrolhamento (ou brotação); crescimento; floração e vingamento; pintor e maturação (Afonso, 2006).

O abrolhamento precisa de uma temperatura superior que se situa entre os 8°C e os 12°C. No hemisfério Norte, o abrolhamento acontece entre março e abril, em função do rigor das temperaturas invernais e fundamentalmente do ritmo de aquecimento da atmosfera. Segue-se a fase de crescimento, até ao pintor, sendo que a velocidade do crescimento depende da temperatura e da humidade do solo. Seis a treze semanas após o abrolhamento, nos nós dos ramos jovens, surgem as flores da videira. A fase de pintor, caracterizada pela mudança de cor das uvas, ocorre entre 40 e 50 dias após a fecundação das flores. Em situações favoráveis, a maturação será atingida cerca de 45 dias depois do pintor (Afonso, 2006).

#### **2.2.4. Condições edafoclimáticas**

A composição da uva é o resultado de uma complexa interação entre o potencial genético da casta e as condições ambientais em que a vinha se desenvolve (Novello, 2006; citado em Andrade, 2010).

Em Portugal, os vinhos mais apreciados provêm de várias naturezas de solos, nomeadamente xistosos, graníticos, calcários e mistos (Afonso, 2014). A vinha também se desenvolve em solos de estrutura, textura, profundidade e fertilidade muito variáveis, não obstante, para cada casta, apenas um determinado tipo de solo lhe permita alcançar o seu potencial máximo (Andrade, 2010). Ainda assim, em geral, solos mais delgados, pouco férteis, bem drenados, com algum equilíbrio entre as frações granulométricas e minimamente ricos em matéria orgânica, apresentam-se como os mais adaptados à instalação da vinha (Reynier, 2004; Afonso, 2014). À semelhança da generalidade das culturas, a faixa de pH mais favorável à vinha é 6 a 6,5 (LQARS, 2006).

Em termos de abastecimento de água à planta, condições de stress hídrico moderado tendem a ser as mais favoráveis, do ponto de vista qualitativo e económico (Afonso, 2014). O conforto hídrico permanente aumenta a produção (devido ao maior diâmetro dos bagos), atrasa a maturação, aumenta o nível de acidez e reduz os teores de açúcar e de antocianinas (através da sombra causada pelo excessivo crescimento vegetativo). Por outro lado, o stress hídrico severo, sobretudo visível em zonas mais secas e de solos delgados, conduz a um fraco crescimento das videiras e a uma maturação precoce, com redução no peso dos bagos, na produção e nos teores de ácido málico (Smart et al., 1985; Reynier, 2004), o que compromete igualmente a qualidade do vinho.

Como fatores climáticos mais determinantes em viticultura, destacam-se os seguintes (Afonso, 2014): temperatura, amplitude térmica, luz, precipitação, humidade e evaporação.

A vinha é essencialmente uma cultura da parte quente das zonas de clima temperado, exigindo calor, sobretudo durante a fase de maturação, ressentindo-se com temperaturas invernais abaixo de -15°C e com as geadas tardias (Reynier, 2004). Segundo Afonso (2014), em função do tipo de vinho que se pretenda produzir, as temperaturas médias mais adequadas oscilam entre 15°C e 17°C (para vinhos brancos e tintos de corpo médio) e entre 21°C e 25°C (vinhos encorpados e fortificados). As amplitudes

térmicas devem ser pouco pronunciadas, sobretudo durante a maturação. A duração do fotoperíodo deverá ser tanto maior quanto mais altas forem as temperaturas médias, de forma a repor o défice de açúcar consumido pela videira. O excesso de precipitação (e/ou de humidade) favorece a proliferação de doenças criptogâmicas (e.g. míldio, oídio e podridão cinzenta) e, aquando na fase de maturação, também prejudica a qualidade da colheita. Por fim, uma evaporação superior à capacidade de absorção de água pela planta (nomeadamente em situações de secura do ar, falta de água no solo, ventos fortes e intensa exposição solar em climas mais áridos), inibe quer a fotossíntese quer o crescimento e maturação da uva.

### **2.2.5. Fertilização**

As recomendações de fertilização da vinha podem ser muito variáveis em função das características do solo, da poda, do porta-enxerto e da produção esperada (Reynier, 2004). Poderão ainda ser ajustadas ao estado de desenvolvimento vegetativo da vinha, ao nível de produção obtida no ano anterior, às condições do solo e do clima, à eventual incorporação de corretivos no solo e, no caso de vinhas regadas, deve ainda contabilizar-se a quantidade de nutrientes veiculados pela água de rega (LQARS, 2006).

Consoante o momento em que se realiza, antes ou depois da instalação cultural, a fertilização da vinha pode designar-se, respetivamente, por fertilização de instalação ou fertilização de produção.

A fertilização de instalação baseia-se na análise ao solo. Se o solo for pobre em matéria orgânica (i.e., teor < 1,5%), recomenda-se a aplicação de corretivos orgânicos ao solo, em particular estrume de bovino bem curtido, ou outro que seja de qualidade, em quantidades de até 30 t/ha; porém, após a plantação, não se deve exceder 10 t/ha e ano. Caso o pH do mesmo não seja favorável, também se deverão utilizar corretivos minerais, sobretudo quando o pH (H<sub>2</sub>O) for inferior a 5,5 (solos ácidos). Além dos corretivos, poderão aplicar-se os macronutrientes fósforo, potássio e magnésio, em quantidades que dependem do seu respetivo nível no solo (LQARS, 2006).

A fertilização de produção consiste geralmente em aplicar azoto, fósforo, potássio e magnésio ao solo, e baseia-se sobretudo nos resultados da análise foliar (aos pecíolos das folhas opostas ao cacho basal, à floração) e na produção esperada. Em relação aos nutrientes fósforo e potássio, além dos fatores referidos e do teor extraível destes dois elementos do solo, as recomendações de fertilização deverão também ser ponderadas com a percentagem de calcário total no solo, no caso do fósforo, e a textura do mesmo, no caso do potássio (LQARS, 2006).

De acordo com Reynier (2004), o azoto potencia o crescimento vegetativo e a capacidade de produção da vinha, mas em excesso pode conduzir à queda da flor, menor resistência a doenças criptogâmicas, atraso de maturação e redução da qualidade do vinho. O fósforo favorece o desenvolvimento radicular, promove a precocidade e diminui a sensibilidade ao desavinho e às doenças referidas. O potássio é o elemento mais exportado pela cultura, sendo um fator de rendimento, de qualidade, de sanidade e de perenidade da vinha; porém, o excesso deste elemento associa-se a problemas de antagonismo iónico com o magnésio, de salinidade do solo e de qualidade dos vinhos.

Importa referir que a sensibilidade às situações de carência de nutrientes (secundários e micronutrientes) é alta para o boro, magnésio e zinco, e média para o ferro e manganês (LQARS, 2006). A título de exemplo, o boro assume particular relevância no crescimento, vigor e produção da vinha, bem como na qualidade da uva; o magnésio entra na composição da clorofila, neutraliza os ácidos orgânicos e, tal como o cálcio e o potássio, participa no equilíbrio iónico intracelular (Reynier, 2004).

Em termos de épocas e modo de aplicação dos fertilizantes, segundo Ribeiro (2016), o fósforo e o potássio devem aplicar-se ao solo durante o inverno, e o azoto entre o fim do inverno e o início da primavera, antes da rebentação. O boro deve aplicar-se em solução ao solo, até meados de março. As aplicações foliares realizam-se durante o período de crescimento vegetativo, evitando-se o período de floração.

## **2.3. Correção da acidez do solo**

### **2.3.1. Acidez do solo**

A reação do solo, traduzida pelo pH, é uma das suas principais propriedades. Condiciona, de forma decisiva, não só a vida dos microrganismos e os importantes processos em que eles intervêm, mas também a disponibilidade de muitos elementos químicos essenciais às plantas, bem como a de outros que, em determinada concentração, podem tornar-se fitotóxicos (García & Blaya, 2000).

A reação do solo depende, primeiramente, da rocha-mãe (que poderá ser acídica ou não), e dos processos pedogenéticos, influenciados pelo clima, topografia, atividade biológica e tempo decorrido. Por exemplo, solos ácidos tendem a predominar em regiões de alta pluviosidade, em que os catiões adsorvidos ao complexo de troca são mais facilmente lixiviados e substituídos por iões acídicos, nomeadamente o hidrogénio e o alumínio (García & Blaya, 2000; Varennes, 2003).

O pH do solo depende, também, do balanço entre entradas e saídas de protões (i.e., iões hidrogénio ou hidrónio,  $H^+$ ). Estes podem provir das seguintes fontes: atividade radicular das plantas, deposição atmosférica, ionizações de grupos acídicos da matéria orgânica e grupos hidroxilo nos colóides minerais, introdução de sais com reação ácida e reações de microrganismos no solo e do dióxido de carbono com a água. O consumo de protões associa-se, geralmente, ao uso de fertilizantes de reação alcalina, à absorção de aniões pelas plantas e a água de rega rica em sais (Varennes, 2003).

A água ioniza-se originando um protão e um ião hidroxilo:  $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$ . Para quantificar os protões presentes recorre-se ao conceito de pH, definido por:  $pH = \log \frac{1}{H^+}$ . Valores de pH igual a 7 indicam neutralidade, valores superiores indicam condições de alcalinidade, e inferiores de acidez. A nível laboratorial, a determinação do pH efetua-se com um potenciómetro, que mede a concentração daqueles protões em solução (Varennes, 2003). O pH do solo pode ser medido em água ou cloreto de potássio (KCl), traduzindo a acidez real e potencial, respetivamente. A classificação de solos baseia-se nos valores de pH em água.

A acidez total do solo pode dividir-se em acidez real (ou atual) e potencial (ou de troca). A acidez real refere-se à concentração de iões  $H^+$  existentes na solução do solo, e a acidez potencial aos iões  $H^+$  adsorvidos ao complexo de troca. A acidez total é sempre aproximadamente igual à acidez potencial, uma

vez que a quantidade de  $H^+$  na solução do solo é uma porção mínima em comparação com a sua quantidade total (García & Blaya, 2000). Assim, compreende-se que o valor de pH em KCl seja sempre inferior ao medido em água.

A resistência oferecida por um solo a variações de pH, designada de poder tampão, permite manter este parâmetro dentro de determinados limites, evitando variações bruscas que poderiam afetar negativamente as plantas, os microrganismos e a disponibilidade de nutrientes (García & Blaya, 2000). O poder tampão depende essencialmente da natureza dos colóides do solo e da respetiva capacidade de troca catiónica (CTC), bem como do pH do mesmo.

De um modo geral, a CTC (totalidade de cargas positivas que um solo pode adsorver e trocar a determinado pH) é mais elevada em húmus, seguida de minerais argilosos do tipo 2:1 (e.g. vermiculites e esmectites); no extremo oposto, destacam-se as caulinites e os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Assim, solos arenosos, esqueléticos e ferralíticos, pobres em matéria orgânica, são os que apresentam menor poder tampão (Varennnes, 2003). É ainda de referir que alguns colóides têm cargas dependentes do pH, pelo que este último também influencia a CTC e, conseqüentemente, o poder tampão do solo.

Naturalmente, a quantidade de corretivo a aplicar terá de ser suficiente para se sobrepor ao poder tampão do solo, devendo ser tanto mais elevada quanto maior for este efeito de resistência à variação do pH. Por fim, note-se que a quantidade de corretivo necessária para aumentar o valor do pH do solo em uma unidade é tanto maior quanto mais elevado este seja (García & Blaya, 2000).

### **2.3.2. Influência no crescimento vegetal**

A acidez do solo é um importante fator limitante no crescimento da maior parte das espécies vegetais. A atividade de microrganismos como bactérias e actinomicetas reduz-se consideravelmente quando o pH é inferior a 5,5. A nitrificação e a fixação de azoto atmosférico, por exemplo, só se realizam quando o pH é superior a 5 (García & Blaya, 2000). A Figura 2.3 ilustra a relação entre o pH e a disponibilidade dos principais nutrientes vegetais. Consta-se, pois, que um pH entre 6 e 7 deverá ser o mais adequado à assimilação de tais nutrientes.

Em solos ácidos, segundo Varennnes (2003), as principais limitações são a toxicidade dos iões alumínio e manganês, bem como as deficiências de cálcio e magnésio (e secundariamente de potássio), fósforo e molibdénio.

O complexo de troca de um solo ácido, nomeadamente abaixo de pH 5,5, é dominado por iões de hidrogénio e alumínio (ver Figura 3), que além de diminuírem os teores de cálcio, magnésio e potássio adsorvidos, também inibem a sua absorção devido a fenómenos de antagonismo iónico. Os efeitos de toxicidade do alumínio manifestam-se sobretudo ao nível das raízes, reduzindo a sua capacidade de absorção de água e nutrientes. O manganês também pode existir em grandes quantidades em solução; além do antagonismo com o magnésio, perturba o crescimento da planta, por competir com outros elementos no interior das células e inibir o transporte de cálcio na planta (Varennnes, 2003).

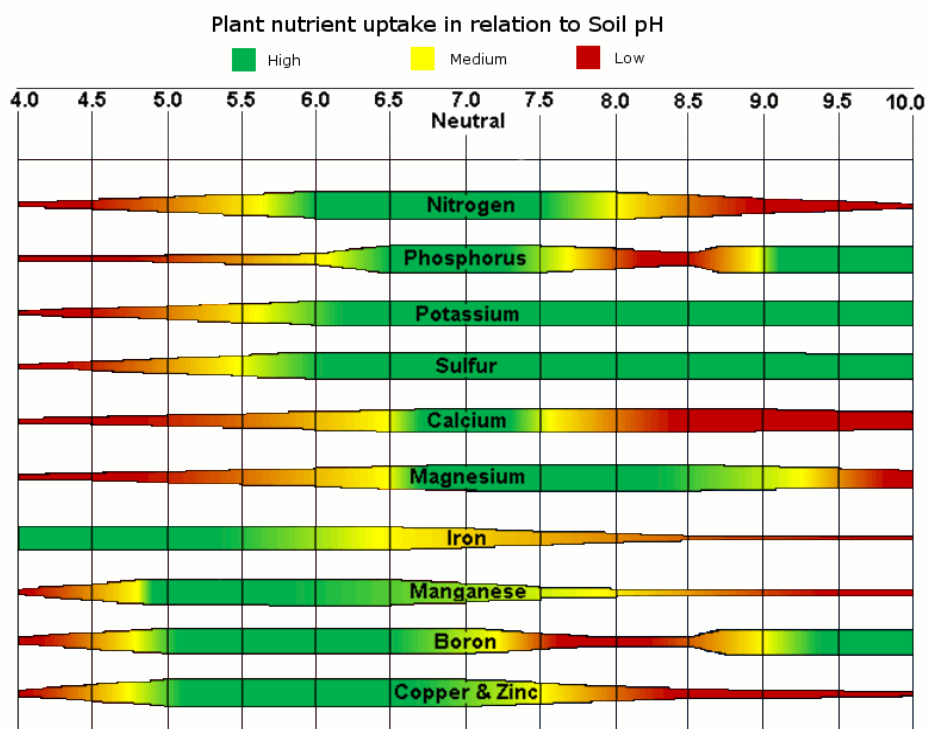


Figura 3 - Relação entre o pH e a biodisponibilidade de alguns nutrientes no solo. Fonte: Nutrient Technologies.

O fósforo e o molibdénio encontram-se mais fortemente adsorvidos em solos ácidos, sendo aí comuns as deficiências destes elementos. O fósforo pode ainda precipitar em fosfatos de ferro ou fosfatos de alumínio, pelo que a adição deste elemento ao solo, além do seu potencial nutritivo, poderá ser benéfica na redução dos teores de alumínio. A adição de matéria orgânica também permite atenuar a toxicidade do alumínio, através da formação de quelatos estáveis com este ião (Varenes, 2003).

### 2.3.3. Corretivos alcalinizantes: calcários

Os corretivos agrícolas, apesar de fornecerem alguns elementos nutritivos que estão presentes na sua composição, exercem principalmente uma ação indireta nas culturas, através da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. Podem subdividir-se em corretivos minerais, orgânicos e condicionadores (Santos, 2015).

Os corretivos minerais são produtos de origem mineral, cuja aplicação ao solo visa sobretudo ajustar a sua reação, de forma a torná-lo mais favorável ao desenvolvimento de determinadas culturas. Classificam-se como corretivos alcalinizantes, quando elevam o pH, ou corretivos acidificantes, no caso de baixarem o pH (Varenes, 2003; Santos, 2015).

A correção da acidez é a prática cultural que mais pode beneficiar a produtividade dos solos ácidos (Varenes, 2003). A subida do pH dos solos, através de corretivos alcalinizantes, visa diminuir a atividade do ião hidrogénio ( $H^+$ ), o que se pode conseguir com o uso de quaisquer substâncias que contenham, ou originam no solo, o ião oxidrilo ( $OH^-$ ), que vai reagir com aquele para formar água (Alcarde, 1992; Santos, 2015).

Como possíveis corretivos alcalinizantes, destacam-se os seguintes (Santos, 2015): calcários, cal viva,



lamas carbonatadas e de cal (da indústria da pasta de papel), cinzas (de resíduos minerais de fábricas de celulose), hidróxido e carbonato de cálcio (subprodutos das fábricas de beterraba), resíduos de serração de rochas ornamentais (e.g. mármore), margas (constituídas por areia, limo, argila, nutrientes, entre outros) e silicatos de cálcio (do fabrico do ferro). Os calcários são, porém, os corretivos mais utilizados atualmente, sendo o objeto de estudo neste trabalho.

Os diversos corretivos alcalinizantes, cuja escolha deverá depender de um balanço entre fatores técnicos e económicos, podem distinguir-se com base nas seguintes características ou propriedades (Alcarde, 1992):

- Composição química: de acordo com a natureza dos constituintes dos corretivos, estes podem originar bases fracas, como os carbonatos e silicatos, de ação mais lenta, ou bases fortes, como o ião hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), de ação mais rápida e intensa. A natureza das espécies neutralizantes, bem como o seu grau de pureza, definem a solubilidade do corretivo, sendo particularmente baixa para o carbonato de cálcio (0,014 g/L);
- Valor neutralizante (VN): indica a capacidade (relativa) de o corretivo neutralizar a acidez do solo, em comparação com o carbonato de cálcio puro (com VN = 100%). Depende da natureza química dos seus constituintes e do respetivo teor no corretivo;
- Granulometria: quanto maior o grau de moagem, maior a superfície específica das partículas neutralizantes e, conseqüentemente, mais rápida é a sua ação. Uma adequada distribuição e incorporação do corretivo no solo também contribui para uma maior rapidez de neutralização;
- Reatividade (RE) e efeito residual (100-RE): são duas características antagónicas, no sentido em que a primeira se refere à percentagem de corretivo que reage no solo durante o período de três meses após a sua aplicação, e a segunda à percentagem de corretivo de ação mais lenta, cuja ação se verifica após os referidos três meses. Por exemplo, se a reatividade de um dado corretivo for 20% significa que esta percentagem reage no solo nos primeiros três meses e 80% (100-20) depois desse período (efeito residual). A reatividade depende das condições do solo (é tanto maior quanto mais baixo for o seu pH) e do clima (é maior para temperaturas e humidades mais elevadas), da composição química (bases fortes são mais reativas) e, como se viu, também da granulometria;
- Poder de neutralização total (PRNT): dado pelo produto entre o valor neutralizante do corretivo (VN) e a reatividade do mesmo (RE), permite avaliar melhor a ação do corretivo, comparativamente à análise daquelas duas características isoladamente.

A correção da acidez da camada arável faz-se através da “calagem”, que consiste na aplicação de produtos alcalinizantes ao solo, geralmente calcários (Varenes, 2003). O sucesso da prática de calagem depende fundamentalmente de três fatores: da dose, das características do corretivo utilizado e da técnica de aplicação empregue; a dose adequada é estabelecida com base na análise de terras, o corretivo deverá ser escolhido em função das circunstâncias agrícolas e a aplicação do mesmo executada através de uma distribuição e incorporação homogéneas (Alcarde, 1992).

Os calcários apresentam a vantagem de serem relativamente baratos, de não serem cáusticos – sendo, por isso, menos incómodos de distribuir, menos suscetíveis em culturas já instaladas e de não

provocarem a rápida decomposição da matéria orgânica –, além de atuarem mais gradualmente, ou seja, de formarem  $\text{OH}^-$  de maneira mais lenta e duradoura. Note-se que o uso de cal viva ( $\text{CaO}$ ), por ser uma substância cáustica e suscetível de formar “crostas” quando em contato com a humidade do solo, deverá ser, em geral, excluído (Varenes, 2003; Santos, 2015).

Os calcários podem ser calcíticos, sendo sobretudo constituídos por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), ou dolomíticos (ou magnesianos, conforme o teor em magnésio), formados por carbonato de cálcio e magnésio  $[(\text{Ca,Mg})\text{CO}_3]$ . Ressalve-se que a principal finalidade da calagem também poderá ser fornecer cálcio (e, eventualmente, magnésio) às plantas, ao invés de eliminar o alumínio de troca ou elevar o pH (Alcarde, 1992; Varenes, 2003).

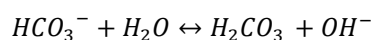
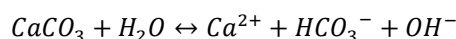
Em termos de legislação em Portugal, vigora atualmente o Regulamento (CE) n.º 2003/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho e o Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho, os quais vieram revogar a Norma Portuguesa NP 1048-2 (homologada no Diário da República, III Série, N.º 241 de 18 de outubro de 1990). O Decreto-Lei n.º 103/2015 define os termos em que devem ser comercializadas as matérias fertilizantes que não constem nos referidos regulamento e norma portuguesa.

De acordo com o Regulamento (CE) n.º 2003/2003, para que um “calcário” (produto cujo componente essencial é o carbonato de cálcio, obtido por moagem de rochas calcárias de depósitos naturais) possa ser comercializado como corretivo alcalinizante, deverá atender aos seguintes requisitos:

- Valor neutralizante mínimo: 42%, expresso em  $\text{CaO}$  (ou 75%, se expresso em  $\text{CaCO}_3$ );
- Granulometria determinada por peneiramento molhado: passagem de pelo menos 97% do produto num peneiro com malha de 3,15 mm, pelo menos 80% numa malha de 1 mm e pelo menos 50% numa malha de 0,5 mm.

Segundo o mesmo regulamento, no caso de se tratar de um “calcário marinho” (calcário de origem marinha), mantêm-se as especificações de granulometria, mas o valor neutralizante mínimo é de apenas 30% (ou 54%, expresso em  $\text{CaCO}_3$ ). Em relação ao “calcário magnesiano” (produto que contém essencialmente carbonato de cálcio e de magnésio, obtido por trituração de depósitos naturais de rocha cálcica magnesiana), o valor neutralizante mínimo é de 45% (ou 80%, expresso em  $\text{CaCO}_3$ ) e o teor de magnésio total de pelo menos 3% ( $\text{MgO}$ ). Para o “calcário dolomítico”, como limites inferiores, têm-se um valor neutralizante de 48% (ou 86%, em  $\text{CaCO}_3$ ) e um teor de magnésio de 12% ( $\text{MgO}$ ).

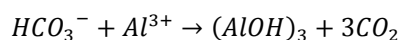
Quando aplicados ao solo, os calcários (calcíticos) transformam-se, originando  $\text{OH}^-$ , de acordo com as seguintes reações (Santos, 2015):



Ora, conclui-se que a atuação dos calcários é tanto mais rápida e eficaz quanto maior for a acidez do solo, em virtude da quantidade crescente de  $\text{H}^+$  ir neutralizando quantidades mais elevadas de  $\text{OH}^-$ , com formação de água ( $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ). Esta situação favorece as reações diretas, através das

quais os calcários se decompõem.

O íon alumínio, com efeito acidificante, é precipitado pelo  $\text{HCO}_3^-$ , através da seguinte reação irreversível (Varennnes, 2003):



O íon cálcio (e o magnésio, se o calcário o contiver) vai permutar com os íons acídicos (hidrogénio e alumínio) no complexo de troca, aumentando o seu grau de saturação em bases e melhorando a estrutura do solo, devido ao potencial efeito floculante deste elemento nutritivo.

A quantidade de calcário a aplicar a um solo para elevar o seu pH, ou para diminuir o alumínio de troca para níveis tolerados pelas culturas, designa-se por “necessidade em cal”. Esta é função do pH de partida, do pH pretendido, do poder tampão do solo e do valor neutralizante do corretivo – este último parâmetro deverá ser fornecido pelo fabricante do produto (Varennnes, 2003; Santos, 2015).

O calcário deve ser distribuído a lanço, isto é, espalhado uniformemente em todo o terreno, e incorporado na camada arável. A aplicação deve efetuar-se com antecedência suficiente para manifestar a sua ação neutralizante na altura oportuna, tendo em consideração que esta ação é lenta, em virtude da baixa solubilidade dos calcários. Recomenda-se igualmente precaução para não se aplicarem doses exageradas de calcário (causando uma “sobrecalagem”), devido ao risco acrescido de deficiências de ferro, manganês, zinco, boro e fósforo, sobretudo em solos de textura grosseira pobres em matéria orgânica (Varennnes, 2003; Santos, 2015).

## **2.4. Extratos de algas como bioestimulantes**

### **2.4.1. Extratos de algas**

A utilização de bioestimulantes na agricultura tem vindo a crescer nos últimos anos (Wang & Carvalho, 2018), sobretudo devido à expansão da agricultura biológica, ao aumento da preocupação com as questões de sustentabilidade ecológica e ambiental e à procura de novas soluções com vista ao aumento da produtividade e/ou qualidade das culturas.

A European Bioestimulants Industry Council (EBIC) estimou que, em 2012, na UE, o valor de mercado dos bioestimulantes rondava os 400 a 500 milhões de euros, registando-se um crescimento de 10% ao ano e uma área de culturas beneficiadas por estes produtos superior a três milhões de hectares.

A EBIC, um dos dois consórcios mundiais de bioestimulantes, definiu um bioestimulante como um composto derivado de produtos naturais que contêm substâncias bioativas e/ou microrganismos, cuja função, uma vez aplicados em pequenas doses à planta ou à rizosfera, é estimular mecanismos naturais, promovendo a eficiência do uso de nutrientes e a tolerância a vários stresses, o que se traduz num aumento generalizado do rendimento e/ou na melhoria da qualidade da produção (EBIC, 2013). A definição de bioestimulante ainda não é totalmente consensual, devido ao seu elevado número de diferentes categorias e à respetiva diversidade composicional (Wang & Carvalho, 2018).

Como principais categorias de bioestimulantes utilizados na agricultura, destacam-se as seguintes: extratos de algas, ácidos húmicos, hidrolisado de proteínas e bactérias promotoras de crescimento (Du Jardin, 2015). Apesar deste agrupamento, as funções (fisiológicas, agronômicas e os benefícios económicos e ambientais) de cada categoria são, em geral, bastante idênticas; o que não surpreende se se considerar que os extratos de algas também possuem na sua composição, como se verá oportunamente, carbono orgânico (ácidos húmicos) e aminoácidos (proteínas).

As algas marinhas são uma vasta fonte de matérias primas e de moléculas biologicamente ativas utilizadas nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentar e agrícola (Dapper et al., 2014), entre outras finalidades (Pereira, 2010).

O recurso a algas marinhas é uma prática secular (McHugh, 2003; Pereira 2010), tendo possibilitado converter zonas antigamente incultas em potentados agrícolas de peso notável na agricultura mundial (TIMAC, 2014). Em Portugal, a utilização de algas como fertilizante agrícola é anterior ao século XIV (McHuhg, 2003).

Existem, atualmente, mais de 47 empresas que produzem e comercializam extratos de algas para uso agrícola (Wang & Carvalho, 2018). A maioria das formulações contém algas castanhas (ou pardas), principalmente as seguintes: *Ascophyllum nodosum*, *Fucus spp.* e *Laminaria spp.* (Van Oosten et al., 2017), utilizando-se também *Sargassum spp.* e *Turbinaria spp.* (Khan et al., 2009).

As algas mais usadas na agricultura são as castanhas ou pardas (45%; sobretudo a espécie *Ascophyllum nodosum*), seguidas das algas verdes (36%, principalmente as espécies de *Ulva sp.*) e das vermelhas (Dapper et al., 2014); destacam-se, nestas últimas, espécies como *Phymatolithon calcareum* e *Lithothamnion corallioides*, que por serem muito ricas em calcário, foram também utilizadas para neutralizar solos ácidos (Mota, 2013).

Os efeitos benéficos associados à utilização de algas marinhas podem ser explicados pela sua riqueza em reguladores de crescimento (citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas e ácido ascórbico), macronutrientes (sobretudo N e K, mas também Ca e P) e micronutrientes (Fe, Cu, Zn, B, Mn, Mo e Co e/ou Bo) (Khan et al., 2009; Guerra, 2018), e ainda metabólitos, vitaminas e aminoácidos (Pise et al., 2010; McHugh, 2003). A composição dos extratos de algas pode diferir em função da origem e espécie de alga, época de colheita, tecnologia de produção e adição de outros compostos (Carvalho & Castro, 2014; Wang & Carvalho, 2018), pelo que o seu efeito nas plantas também poderá divergir.

Os bioestimulantes em geral podem ser utilizados em diferentes momentos, nomeadamente durante o ciclo biológico da cultura, em tratamentos de sementes e tratamentos de pós-colheita. Podem aplicar-se diretamente ao solo, via fertirrega ou foliar (Wang & Carvalho, 2018). Não obstante, ainda persistem questões relacionadas com o método (leia-se: dose, frequência e modo) de aplicação, em grande medida porque os seus efeitos variam frequentemente em função da espécie e, por vezes, da cultivar. Alguns estudos recentes sugerem, porém, que as aplicações de menor dose e com maior frequência são preferíveis (Silva et al., 2014; Araújo et al., 2018).

Além da sua interação com os genótipos e o ambiente (Du Jardin, 2015), o modo de ação dos extratos

de algas não é ainda totalmente conhecido (Mota, 2013; Carvalho & Castro, 2014; Silva, 2015; Wang & Carvalho, 2018), embora se associe os benefícios da sua utilização à atividade biológica de alguns dos seus constituintes, nomeadamente aos seguintes níveis:

- Promoção da fertilidade do solo, não só em termos nutricionais, devido à sua riqueza em macro (N e K) e micronutrientes, mas também em termos físicos (arejamento e estrutura do solo), aumentando a sua capacidade de retenção de água, devido ao elevado teor de micronutrientes e hidratos de carbono insolúveis (Mota, 2013). A melhoria da fertilidade do solo está, por sua vez, intimamente relacionada com o crescimento de microrganismos benéficos do solo (Kumar & Sahoo, 2011);
- Melhoria na absorção de água e nutrientes inorgânicos do solo (sobretudo N e P, mas também S, Mg, Mn e B) (Mota, 2013; Galindo et al., 2015); não só devido ao aumento da biomassa radicular (Marafon & Simonetti, 2016; Azevedo, 2017), mas também pelo elevado teor em manitol presente nas algas, que promove a atividade de uma enzima fulcral no metabolismo de assimilação do azoto, a nitrato-redutase, e ao aumento (em cerca de 700%) do teor das enzimas fosfatases, necessárias à absorção de fósforo (Mota, 2013);
- Aumento da resistência a stresses abióticos (seca, calor, radiação, geadas, salinidade, baixa fertilidade do solo e herbicidas), pela estimulação da atividade de várias enzimas do sistema antioxidante e síntese de outros compostos (Carvalho & Castro, 2014), bem como melhor capacidade de recuperação após o stress (Nair et al., 2011), permitindo manter mais facilmente os níveis de produção, mesmo sob condições de cultivo desfavoráveis;
- Indução de maior resistência a stresses bióticos, através do aumento da expressão génica e da atividade de algumas enzimas vegetais (Jiménes et al., 2011) que têm propriedades antimicrobianas ou que participam na perceção e sinalização durante o processo de infeção, após o seu reconhecimento pela planta (Aziz et al., 2007; citado em Carvalho & Castro, 2014).
- Incremento da taxa de germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, devido às giberelinas, que promovem a síntese de enzimas (e.g. amilases) que são responsáveis pela transformação do amido em açúcares, transferindo a energia armazenada no endosperma amilífero para o desenvolvimento do eixo embrionário (Rayorath et al., 2008; citado em Carvalho & Castro, 2014).
- Aumento da concentração de clorofila (relevante em termos de potencial fotossintético), possivelmente devido às betaínas (Mota, 2013), as quais também potenciam a resistência a stresses (Fernandes & Silva, 2011).
- Promoção do crescimento e frutificação, devido à concentração apreciável de auxinas, giberelinas e citocininas (Dapper et al., 2014; Backes et al., 2017), atuando na divisão celular e na síntese de proteínas (Teixeira, 2015).
- Melhoria no vingamento, calibre do fruto e rendimento, entre outros mecanismos, através do estímulo da síntese de poliamidas endógenas, as quais estão envolvidas na multiplicação e na diferenciação celular durante a organogénese, floração e desenvolvimento inicial do fruto. Também reduzem as taxas de senescência, devido ao antagonismo com o etileno, e são particularmente importantes em situações de stress (Mota, 2013).

Ademais, as algas marinhas constituem uma fonte sustentável e de custo competitivo (Augusto et al., 2015; Vijayanand et al., 2014), contribuem para a preservação do meio ambiente, através da possibilidade de redução do uso de fitofármacos e fertilizantes sintéticos, aleado ao fato de serem isentas de sementes de infestantes e de organismos patogénicos (Thirumaran et al., 2009; Kaseker et al., 2014; citados em Silva, 2015). Os extratos de algas são biodegradáveis, não tóxicos, não poluentes e não perigosos para os seres humanos e animais (Rathore, 2009).

Por fim, é de assinalar que os extratos de algas, por serem produtos de origem natural, terão um interesse acrescido na fertilização em Agricultura Biológica, em que as alternativas são mais limitadas.

Por outro lado, tendo Portugal a terceira maior Zona Económica Exclusiva da U.E. (e a 11.<sup>a</sup> do mundo – Garrido, 2018), a exploração de algas aparece como uma solução promissora, não só a nível da diminuição dos impactes ambientais associados à produção e aplicação de fertilizantes sintéticos, como também na dinamização da economia ligada à exploração de recursos marinhos.

Em relação a culturas submetidas a tratamentos com extratos de algas, encontra-se na bibliografia referência às seguintes:

- Hortícolas – aboborinha, alface, batata, beringela, beterraba, cebola, cenoura, couves (brócolo e de folhas), ervilha, feijão, melancia, melão, morango, pepino, pimenta/o e rabanete;
- Arbóreas e arbustivas – algodoeiro, cafeeiro, citrinos, kiwi, macieira, mamoeiro, maracujazeiro, mirtilo, oliveira, pereira e vinha (uva de mesa e para vinho);
- Arvenses e forrageiras – arroz, milho, soja, sorgo, tabaco e trigo;
- Ornamentais – relvados e plantas ornamentais.

Em relação a estudos elaborados em Portugal sobre a temática em discussão, destacam-se os seguintes: seis teses de mestrado, das quais quatro se realizaram no Instituto Superior de Agronomia, em cultivares de oliveira, sob orientação da Inv. Mariana Mota (Lopes, 2011; Capela, 2013; Soveral, 2014; Garcia, 2015), uma na Universidade de Coimbra, nas culturas do arroz e da alface (Silva, 2015), outra numa universidade brasileira, em milho (Libera, 2010) e; vários artigos recentemente publicados em revistas científicas, particularmente em edições da AGROTEC (Araújo et al., 2018; Frulact et al., 2018; Guerra, 2018; Mota & Lopes, 2012; Mota, 2013; Olmix Group, 2018; Ramos et al., 2018; Wang & Carvalho, 2018).

Apesar dos efeitos benéficos associados à aplicação de extratos de algas em muitas culturas, inclusive nos referidos estudos nacionais, os resultados são, por vezes, divergentes. As respostas das plantas variam em função da espécie (e mesmo da cultivar), da fase do ciclo biológico, da concentração do extrato, da interação entre reguladores vegetais e de fatores ambientais, como a temperatura e a humidade (Abrantes, 2008; Taiz & Zeiger, 2009; citados em Koyama, 2012).

A maioria dos estudos analisados evidenciam, de facto, efeitos positivos decorrentes da aplicação de extratos de algas como bioestimulantes. Não obstante, alguns estudos relatam a ineficácia destes produtos ou, inclusive, efeitos negativos sobre as culturas, nomeadamente reduções dos valores dos seguintes parâmetros: desenvolvimento vegetal em pimento (Csizinszky, 1990); desenvolvimento e

rendimento em feijão, na concentração mais elevada (Vijayarand et al., 2014); número de folhas em alface crespa, numa das modalidades (Limberger & Gheller, 2012); desenvolvimento aéreo e radicular de porta-enxertos de anona e cajueiro, exceto na dose mínima (Silva et al., 2015; Garcia et al., 2014).

#### **2.4.1.1. Efeito de extratos de algas na cultura do amendoim**

Em relação à cultura do amendoim, Sridhar e Rengasamy (2010) estudaram, em condições de campo, a potencialidade de dois fertilizantes líquidos à base de algas (SLF) na redução das necessidades de fertilizantes sintéticos e no aumento da produtividade. Os resultados demonstram que a utilização de doses crescentes de SLF (até 1%) conduziam a produtividades crescentes, comparativamente ao controlo (sem aplicação de qualquer produto), bem como aumentos significativos de biomassa (seca e fresca), de comprimento da planta (partes aérea e radicular), de área foliar e de parâmetros químicos (teor total de clorofila, proteínas, lípidos e hidratos de carbono). Observaram também que a melhor solução corresponde ao uso de 1% de SLF com adição de 50% da dose recomendada de fertilização (NPK), em que se registava um acréscimo de 11% de produtividade, comparativamente à modalidade em que se aplicava apenas 100% daquela dose recomendada de fertilizantes (i.e., a solução tradicional). Os autores relatam ainda a ocorrência de um fenómeno de sinergia entre estes fertilizantes sintéticos e os SLF, possivelmente devido ao fornecimento de micronutrientes por este último.

#### **2.4.1.2 Efeito de extratos de algas na cultura da vinha**

Khan et al. (2012) testaram o efeito da aplicação de uma mistura de extratos de algas e aminoácidos no crescimento e propriedades físico-químicas de uvas (cv. 'Perlette'). Concluíram que a sua aplicação em três fases distintas do ciclo biológico (floração, vingamento e um mês depois) originava aumentos significativos do tamanho da folha (41,5%), do teor de clorofila, da taxa de vingamento (6,7%), do número de cachos por sarmento (6,7%), do comprimento do ráquis (13,5%), do peso e tamanho do bago (14,8% e 7,4%, respetivamente), entre outros parâmetros qualitativos. Estes resultados sugerem que houve também aumentos de produtividade. Não detetaram, porém, efeitos significativos a nível da composição das folhas.

El Moniem e Abd-Allah (2008) constataram que a aplicação foliar de algas verdes (*Chlorella vulgaris*) em vinha (cv. 'Superior') resultava em aumentos da área da folha, comprimento do sarmento, do número de folhas por sarmento, do diâmetro do bago e da produtividade final (29%). As concentrações foliares em N (16%), P (-63%) e K (20%) também sofreram variações significativas.

Norrie e Keathley (2006) estudaram os benefícios de um extrato de algas marinhas (*A. Nodosum*) em uva de mesa ('Thompson Seedless') ao longo de três anos e observaram, ao fim desse período, aumentos de produtividade (60,4%), de tamanho (12,4%) e peso (38,8%) dos bagos, de bagos por cacho e de comprimento do ráquis.

Colapietra e Alexander (2006) observaram, em uva de mesa (cv. 'Italia'), que a aplicação foliar de uma suspensão de algas (*A. Nodosum*), juntamente com uma de fertilizante cálcico, aumentaram a produtividade (em 2,96 t/ha), pesos do cacho e do bago (ambos 13%) e grau brix (3%).

Norrie et al. (2002) concluíram que a aplicação de várias doses de um extrato de algas líquido (*A. Nodosum*) garantiam incrementos no diâmetro do bago (6,1% a 8,6%) e peso (3,2% a 29%) e firmeza do bago (8,6% a 27,1%), peso do cacho e produtividade (13% a 25%).

Assim, em jeito de resumo, para ambas as culturas (amendoim e vinha) os estudos parecem apontar para aumentos significativos de produtividade (sobretudo devido ao aumento do número de bagos por cacho e do peso e tamanho dos bagos, no caso da vinha), bem como para possíveis alterações significativas a nível dos teores foliares em nutrientes vegetais.

## **2.5. Produto testado: “Physiolith”**

Nesta seção apresenta-se o principal corretivo cuja ação se pretendia avaliar, nomeadamente em termos da sua composição química e benefícios decorrentes da sua utilização ao nível de várias culturas. Trata-se de um produto exclusivamente produzido e comercializado pela empresa TIMAC (VITAS PORTUGAL), pelo que o texto que se segue foi elaborado a partir da informação por esta disponibilizada.

Os primeiros corretivos destinados ao uso na agricultura visavam sobretudo a melhoria da estrutura do solo, através da correção do pH e fornecimento de cálcio. Porém, a intensificação cultural registada nas décadas recentes, impulsionou a formulação de novos corretivos que, além do referido efeito estruturante a nível do solo, também contribuíam para a nutrição vegetal e estimulação fisiológica das plantas – trata-se dos corretivos de terceira geração.

A terceira geração de corretivos assenta na investigação e conhecimento da importância de determinados compostos naturais produzidos a partir de extratos de algas marinhas, as aminopurinas, e em particular da interação destas últimas com o cálcio. O Physiolith é um corretivo da acidez do solo, de terceira geração, à base de “Calcimer” e “Physio+”.

O Calcimer é um calcário de origem marinha com elevada rapidez de atuação e rico em micronutrientes; o complexo Physio+ refere-se a aminopurinas de extratos de algas pardas que atuam em conjunto com o cálcio, desempenhando uma importante ação fisiológica nas culturas. Após o reconhecimento da ação benéfica das aminopurinas ao nível celular, selecionou-se o Calcimer para fixar estas moléculas, dado a sua estrutura cristalina ser muito porosa, garantindo uma adequada fixação e proteção das mesmas.

### **2.5.1. Aminopurinas**

As aminopurinas são moléculas sintetizadas pela microflora do solo, ou mesmo pelas plantas, e atuam de forma notória em fases-chave do ciclo biológico das plantas, através da estimulação e ativação de centros enzimáticos relacionados com a germinação, o crescimento, a floração e/ou a frutificação. A sua ação resulta de uma interação com o cálcio a nível celular.

O teor de aminopurinas varia ao longo do ciclo de vida da planta, assumindo um papel fundamental na



definição da qualidade e rendimento final das culturas; de tal forma que, atualmente, são identificados como “starters” ou arrancadores dos processos biológicos anteriormente referidos.

A Figura 4 ilustra (à esquerda) o aumento (18%) do número de caules por planta, como resultado de um tratamento com aminopurinas, destacando-se a sua importância na fase de desenvolvimento vegetativo, e (à direita) a evolução crescente do teor de aminopurinas no floema, durante as fases de floração e desenvolvimento dos frutos.

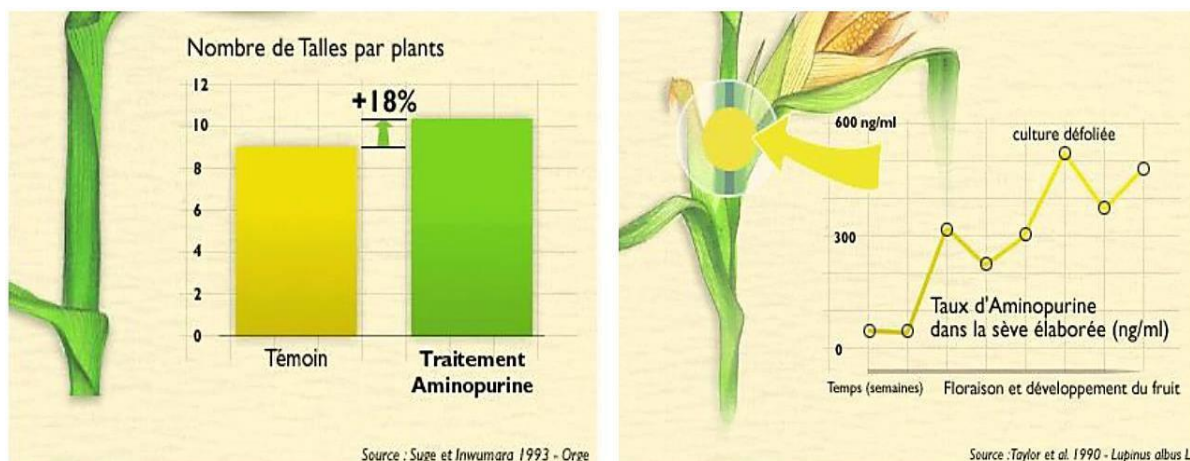


Figura 4 - Efeitos da aplicação de aminopurinas: aumento (18%) do número de caules por planta (à esquerda) e evolução do seu teor ao longo das fases de floração e desenvolvimento dos frutos (à direita). Fonte: TIMAC (2014).

Apesar do seu efeito benéfico, existem fatores que limitam a ação, ou mesmo a síntese, destas moléculas, podendo comprometer significativamente o desenvolvimento e rendimento final das culturas, designadamente os seguintes:

- Intensificação cultural – associada a maiores exigências pelas plantas, potencia deficiências dos teores de aminopurinas;
- Baixa atividade dos microrganismos do solo, baixos teores de humificação e lixiviação acentuada – contribuem para um progressivo empobrecimento do solo e diminuição da atividade das aminopurinas;
- Stress hídrico e/ou térmico, alguns tratamentos fitossanitários (e.g. atrazina) e deficiências nutricionais (e.g. cálcio) – conduzem a bloqueios das aminopurinas, potenciando carências destas moléculas no solo e planta. Como se verá adiante, o cálcio funciona como mensageiro no interior da célula, pelo que baixos teores deste elemento, verificado sobretudo em solos ácidos, limitam a ação das aminopurinas e, por conseguinte, o rendimento final da cultura.

A atuação das aminopurinas, como se ilustra na Figura 5, divide-se em três fases:

- As aminopurinas ligam-se a vetores específicos da parede celular vegetal;
- Tal ligação desencadeia um estímulo que conduz à absorção de cálcio pela célula;
- Na célula o cálcio atua como mensageiro do estímulo promovido pelas aminopurinas, levando a um aumento da divisão e crescimento celular, síntese de proteínas e da taxa fotossintética.

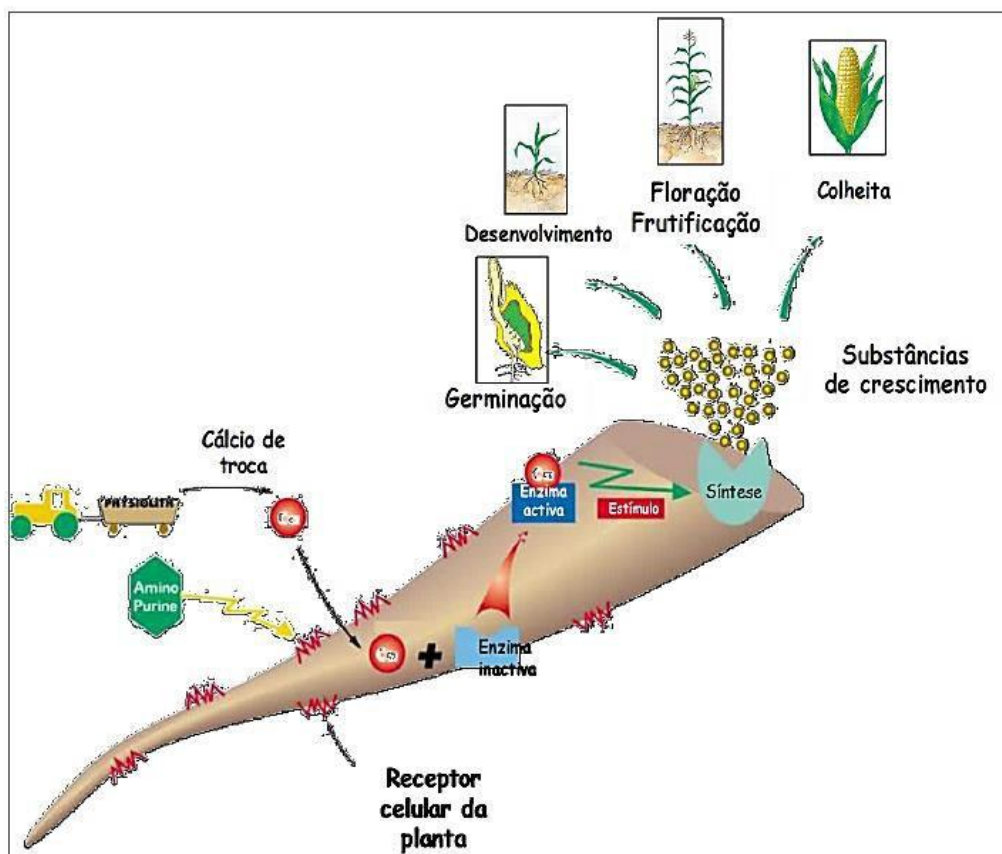


Figura 5 - Esquema geral da ação aminopurinas-cálcio. Fonte: TIMAC (2014).

### 2.5.2. Efeito do Physiolith nas culturas

Nesta fase, apresenta-se o estado atual do conhecimento sobre o efeito do Physiolith em diversas culturas, o que permitirá estabelecer algumas hipóteses em relação ao presente estudo.

Como referido, o Physiolith é um corretivo alcalinizante à base de “Calcimer” e “Physio+”. O Calcimer apresenta vários efeitos benéficos que, por sua vez, contribuem para uma valorização do potencial nutritivo do solo e da sua fertilidade natural, nomeadamente os seguintes:

- Correção da acidez – por ser mais poroso e macio que os calcários terrestres, tem uma ação mais rápida e duradoura a nível do pH do solo (Anexo I), o que por sua vez favorece a: biodisponibilidade de nutrientes (Anexo II); vida microbiana do solo; mineralização da matéria orgânica (Anexo III) e fixação do azoto pelo rizóbio, sendo este último relevante nas leguminosas, nomeadamente na cultura do amendoim;
- Estruturação do solo – através do fornecimento em cálcio, que é um elemento estabilizador do complexo argilo-húmico (Anexo IV), melhora a circulação de ar, água e raízes;
- Ação nutricional – devido à sua composição não só em cálcio (36%, expresso em CaO), como também em magnésio (1%, expresso em MgO) e 32 micronutrientes identificados (e.g. boro, cobre, iodo, manganês, molibdénio e zinco; 13 Kg/t), repara o equilíbrio do solo em termos nutricionais.

O complexo Physio+ potencia a absorção de cálcio pela planta. O cálcio é um elemento interveniente na construção das paredes celulares e no crescimento de raízes e pelos radiculares, aumentando a capacidade de absorção de elementos minerais, do solo e dos adubos. A ação fisiológica do Physio+, conferida pelas aminopurinas, manifesta-se de modo determinante quer ao nível da germinação e desenvolvimento inicial das plantas quer da sua diferenciação floral e frutificação.

Em termos de germinação e desenvolvimento inicial (Anexo V), a sua ação posiciona-se ao nível da mobilização das proteínas de reserva e na ativação dos mecanismos enzimáticos necessários à germinação. Esta ação é particularmente relevante por contrabalançar com as condições desfavoráveis (e.g. baixas temperaturas e luminosidade) que, pelo menos no nosso país, frequentemente se verificam nesta fase do ciclo biológico.

Deste modo, espera-se que o Physiolith assegure um bom desenvolvimento vegetativo inicial, inclusive a nível radicular, promovendo a implantação das culturas em termos de rapidez e homogeneidade, com reflexos no seu rendimento final.

Em relação à diferenciação floral e frutificação, a ação das aminopurinas relaciona-se com a estimulação da produção de substâncias promotoras da divisão e crescimento celular. No Anexo VI exemplifica-se o efeito benéfico desta ação na cultura do milho-grão.

Em jeito de resumo, na Figura 6 encontram-se esquematizados os principais efeitos benéficos do Physiolith, ao nível das suas três vertentes – solo, nutrição vegetal e ação fisiológica.

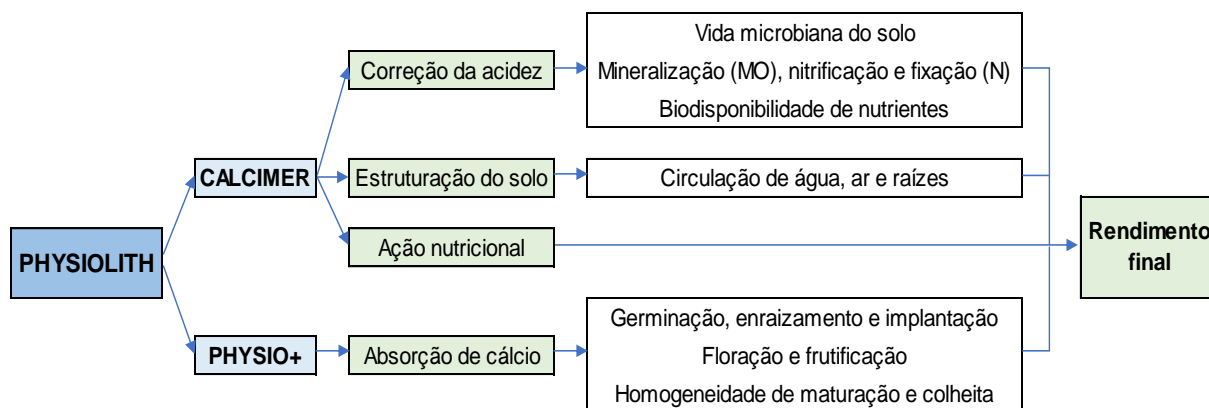


Figura 6 - Principais efeitos benéficos do Physiolith ao nível do solo, da nutrição vegetal e da sua ação fisiológica. Esquema do autor.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente capítulo visa descrever os seguintes conteúdos: os locais experimentais, referentes às duas culturas em estudo, o amendoim e a vinha; os quatro corretivos minerais testados; os ensaios de campo, em termos de delineamento experimental e instalação e condução dos mesmos; os parâmetros estudados e as análises realizadas na sua determinação; e o tipo de análise estatística adotada.

#### 3.1. Caracterização dos locais experimentais

Em seguida, faz-se uma breve caracterização dos locais experimentais, para ambas as culturas, em termos de localização, condições edafoclimáticas, material vegetal e práticas culturais.

##### 3.1.1. Amendoim

O campo de ensaio da cultura do amendoim (38°60'N; 08°68'W; 75 m) instalou-se na exploração agrícola “Barbas”, sediada no concelho de Coruche, em Santarém.

O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, é mesotérmico (temperado) húmido, Csa, com invernos frios e húmidos e verões quentes e secos (AEMET & IPMA, 2011). Em termos médios anuais, a temperatura é de 17°C e a precipitação de 650 mm (Climate-data, s.d.a).

O solo, segundo os respetivos boletins de análises, prévios à instalação dos ensaios (Anexo VII), apresentava uma textura fina, baixo teor de matéria orgânica (1,3 – 1,5%) e CTCe (6,7 – 7,5 cmol+/kg), e pH pouco ácido (6,3 – 6,6). Em termos de nutrientes extraíveis, continha teores altos de fósforo, potássio, magnésio, cobre e ferro, e teores baixos de cálcio, zinco e boro.

A cultivar de amendoim utilizada foi do tipo *runner* (“hirsuta”), que se caracteriza por um crescimento de tipo prostrado. A instalação cultural efetuou-se por sementeira direta – a primeira a 7 de maio, e a nova sementeira, devido a problemas de germinação da anterior, resultantes de condições meteorológicas desfavoráveis, a 5 de junho. O compasso de sementeira foi de 75 x 5 cm. O método de rega utilizado foi a aspersão, com rampa rotativa (“pivot”). Em termos de fertilização, segundo o agricultor, apenas se aplicaram boro e molibdénio, por via foliar.

##### 3.1.2. Vinha

A vinha estudada (37°68'N; 08°68'W; 90 m) pertence à “Casa Ermelinda Freitas” e localiza-se no concelho de Pegões, em Setúbal.

O clima, segundo Köppen, é do tipo Csa (AEMET & IPMA, 2011), com temperaturas e precipitações médias anuais de 16,8°C e 650 mm, respetivamente (Climate.data, s.d.b). O solo (Anexo VIII) apresentava uma textura grosseira, muito baixo teor em matéria orgânica (0,6 – 0,8%) e CTCe (0,9 – 1,2 cmol+ /kg), e pH ácido (5,2 – 5,3). Quanto a teores de nutrientes extraíveis, verificou-se um

predomínio de valores baixos, particularmente de cálcio, magnésio, manganês e boro, mas também de potássio, ferro e zinco; apenas o fósforo apresentava teores altos.

A casta (tinta) em estudo foi a *Cabernet Sauvignon*, originária de França, mas cultivada em todo o mundo, devido à facilidade de adaptação a vários tipos de solo e clima. É uma casta de maturação tardia e bastante produtiva, devendo controlar-se o seu vigor. Produz um vinho encorpado, de boa qualidade e com grande potencial de evolução em garrafa (Afonso, 2015).

A vinha, instalada em 2015, com orientação Este-Oeste, é conduzida em cordão bilateral. O compasso é de 2,60 x 1,00 m, o que perfaz uma densidade de 3846 plantas por hectare. Dispõe de um sistema de rega localizada, a fita gotejadora. O controlo de infestantes faz-se com aplicações de herbicidas, na linha, e através de mobilizações periódicas do solo, na entrelinha. Com uma frequência anual, efetuam-se adubações orgânicas e minerais, junto à linha, embora tenham sido suspensas durante o período de ensaio, no local de estudo.

A Figura 7 apresenta uma visão geral dos campos de ensaio de ambas as culturas em estudo.



Figura 7 - Visão geral dos campos de ensaio das culturas do amendoim e da vinha.

### 3.2. Corretivos minerais testados

Com este estudo pretendia-se testar as mais-valias da aplicação de um corretivo calcário marinho com adição de extratos de algas – o Physiolith – nas culturas do amendoim e da vinha, ambas instaladas ao ar livre. Para comparação, utilizaram-se, também, outros corretivos minerais, seguidamente apresentados.

#### 3.2.1. Physiolith

O Physiolith, cuja ficha técnica se apresenta no Anexo IX, trata-se de um corretivo alcalinizante à base de calcário marinho homologado e extratos de aminopurinas de algas pardas que atuam em conjunto com o cálcio. Este calcário marinho é constituído por minerais de aragonite, que são mais solúveis em

água do que os de calcite. Deste modo, associam-se-lhe benefícios como a correção rápida e duradoura do pH, a reposição de macro (cálcio e magnésio) e micronutrientes ao nível do solo, bem como a estimulação de processos fisiológicos importantes das plantas, tal como já oportunamente referido.

A composição química consiste em 36% de cálcio (expresso em CaO), 1% de magnésio (expresso em MgO) e 32 micronutrientes (numa concentração de 13 kg/t) – os mais abundantes são o sódio, manganês, boro e iodo, mas também se destacam o zinco, cobre, molibdénio e cobalto. Em termos de algas é composto pelas espécies: *Halydris siliquosa*, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* e *Fucus serratus*.

É utilizável em Agricultura Biológica, de acordo com os Regulamentos CE nº 834/2007. A dose de utilização recomendada (em kg/ha) é de um quarto ( $\frac{1}{4}$ ) da dose do calcário tradicional (Anexo IX).

Em termos de características, o produto apresenta-se na forma granulada (2 a 6 mm), tem uma densidade de 1,3 (+/- 0,05) e um grau de moenda em que 95% passa no crivo de 0,160 mm, 70% no de 0,063 mm e 50% no crivo de 0,038 mm. O valor neutralizante é de 37, segundo o Regulamento EU 463-2013, e de 67, pela norma portuguesa NP1048-2.

É comercializado em sacos de 25 kg e 600 kg, tendo um custo (de tabela) respetivamente de 9,08 € e 210,60 €.

### **3.2.2. Calcário calcítico**

Como calcário calcítico recorreu-se ao “Tudicarb”, da empresa Lusical (Anexo X). Trata-se de um corretivo mineral alcalinizante à base de carbonato de cálcio (99%), com granulometria compreendida entre 0 e 2 mm, como recomendam as normas de comercialização deste tipo de produtos. O teor em cálcio é de 56%, expresso em CaO (ou 99%, expresso em  $\text{CaCO}_3$ ). Segundo a NP1048-2, o valor neutralizante é de 96. É produzido em Alcanede (Portugal) e comercializado em sacos de 40 kg (3 €).

### **3.2.3. Calcário magnesiano**

Recorreu-se a um calcário magnesiano designado por “Capeasy 80 Duo 10” (Anexo XI), produzido em Soure (Portugal) e comercializado em sacos de 25 kg (6,50 €). A composição química consiste em 40% de cálcio, expresso em CaO (ou 72%, expresso em  $\text{CaCO}_3$ ) e 10% de MgO (21% na forma  $\text{MgCO}_3$ ). O valor neutralizante é de 96 (NP1048-2).

### **3.2.4. Gesso**

O gesso agrícola utilizado (Anexo XII) era da marca nacional “SIVAL – Gessos Especiais, Lda” e comercializado em sacos de 25 kg (3,62 €). A sua composição baseia-se em sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), constituindo uma importante fonte de cálcio e enxofre para as culturas. O teor em cálcio, expresso em CaO, é de 33% (o equivalente a 58% na forma de  $\text{CaCO}_3$ ).



### **3.3. Ensaios de campo**

#### **3.3.1. Seleção dos locais**

Como ponto de partida para a realização dos ensaios de campo, impôs-se a necessidade de identificar solos agrícolas de reação ácida. Note-se que os produtos em teste correspondem a corretivos alcalinizantes, pelo que as suas potencialidades manifestar-se-ão tanto mais quanto menor for o pH do solo. Importa também atentar para o facto de a aplicação destes produtos, em solos de pH neutro a alcalino, ser mesmo indesejável, não só por representar um inútil custo acrescido, como também por causar uma subida do pH do solo, agravando a carência de determinados elementos químicos, sobretudo dos micronutrientes.

Nesse sentido, através de uma observação dos boletins de análises de terra, selecionaram-se duas explorações agrícolas – o “Barbas” e a “Casa Ermelinda Freitas” – e, dentro de cada uma destas, os locais onde o pH era mais baixo, para se instalarem os ensaios. Nesses locais realizaram-se amostragens de terra, seguidamente enviadas para laboratório, como forma de confirmação dos valores de pH previamente indicados pelas referidas entidades. Assim, no Anexo XIII indicam-se os valores de pH obtidos nas análises de terra preliminares, em ambas as explorações agrícolas.

#### **3.3.2. Modalidades de ensaio**

De acordo com os objetivos deste trabalho, já oportunamente apresentados, implementaram-se, em ambas as culturas, cinco modalidades de ensaio:

- Testemunha – sem aplicação de corretivos;
- Calcário calcítico (em pó) – na dose recomendada com base no pH, teor de matéria orgânica e classe de textura do solo;
- Physiolith – em três dosagens diferentes, correspondendo a 0,25, 0,5 e 1 vezes a dose do calcário calcítico.

Na cultura do amendoim, além das anteriores, testaram-se ainda duas modalidades adicionais:

- Calcário magnesiano – na dose equivalente à de calcário calcítico;
- Gesso – na dose recomendada e usualmente utilizada na exploração agrícola em causa.

Assim sendo, na cultura da vinha testaram-se cinco modalidades e, na do amendoim, sete.

A modalidade referente ao gesso foi implementada dado que se pretendia analisar se a utilização do Physiolith permitia substituir a usual aplicação de gesso à floração, já que se trata de uma cultura muito exigente em cálcio, sobretudo durante a fase de formação das vagens. De facto, como se viu na revisão bibliográfica, o cálcio é considerado o nutriente mais limitante na obtenção de elevadas produtividade e qualidade.

A modalidade com recurso a calcário magnesiano foi decidida numa fase posterior à de instalação dos ensaios na vinha, razão pela qual surge apenas executada na cultura do amendoim. A implementação desta modalidade deve-se ao fato de este corretivo alcalinizante ser também largamente utilizado,

sobretudo em solos com níveis insuficientes de magnésio, consistindo na fonte mais económica deste macronutriente vegetal.

### **3.3.3. Quantidades aplicadas**

Após a etapa de seleção dos locais de ensaio, com base na análise de pH do solo, e após a definição das modalidades de ensaio, decidiram-se as doses de corretivos a aplicar. Para tal, começou por determinar-se a dose de calcário tradicional (t/ha) que deveria ser aplicada para corrigir a acidez do solo até um pH próximo de 6,5, recorrendo-se à tabela proposta por Santos (2015) (Anexo XIV). É de ressaltar que, segundo o mesmo autor, apesar de ser mais recomendável recorrer a métodos laboratoriais na determinação das doses de calagem, os valores obtidos através desta tabela não se costumam afastar dos que se obtêm pelos referidos métodos, com a vantagem de as diferenças serem geralmente por defeito – aspeto importante na minimização do risco de sobrecolagem.

No caso da vinha, dado que as análises de terra preliminares ditavam um valor de pH de 4,9 (“Pegões 1” – Anexo XIII) no local onde se decidiu instalar o ensaio, considerando o teor de matéria orgânica muito baixo e a textura do solo grosseira (classe I), considerou-se como dose adequada de calcário tradicional 2 t/ha (Santos, 2015).

Em relação ao Physiolith, o principal produto de teste, decidiu-se avaliar o efeito de três doses distintas, a fim de identificar a dose mais adequada deste, comparando-a com a de calcário calcítico. Deste modo, adotaram-se as seguintes doses de Physiolith: a máxima, correspondente à dose do calcário (2 t/ha); a média (1 t/ha); e a mínima, equivalente a um quarto do valor da dose do calcário (0,5 t/ha) – esta última dosagem surge da indicação por parte da empresa fornecedora, em que a dosagem deste corretivo deverá corresponder a um quarto da de calcário calcítico.

Na cultura do amendoim, no local adotado para o estudo, o pH do solo rondava o valor de 5,9. Ora, considerando o teor de matéria orgânica baixo e a textura de classe II (textura média e fina), de acordo com a referida tabela (Santos, 2015), seria recomendável aplicar uma dose de calcário calcítico entre 1 e 2 t/ha, tendo-se optado pelo valor mais baixo, por questões de segurança (sobrecolagem). Esta dose (1 t/ha) foi também a considerada para o calcário magnesiano.

Assim, nesta cultura, de modo análogo ao caso da vinha, adotaram-se as seguintes doses de Physiolith: a máxima (1 t/ha), a média (0,5 t/ha) e a mínima (0,25 t/ha).

Quanto ao gesso, o qual só se aplicaria ao início da floração, considerou-se a dose de 1,5 t/ha, por ser aquela usualmente aplicada na exploração em causa e também por se encontrar dentro da gama sugerida pela bibliografia consultada (Grichar et al., s.d.; Monfort et al., 2018).

Uma vez definidas as doses de corretivos minerais a aplicar (t/ha), calcularam-se as quantidades necessárias dos mesmos (kg/modalidade), em função daquelas doses e da área correspondente a cada modalidade de ensaio – Quadro 1.



Quadro 1 - Quantidade de corretivos minerais (kg) a aplicar em função da modalidade e dose (t/ha) e área (m²) respectivas.

Cultura	Modalidade	Dose (t/ha)	Área (m²)	Quantidade (kg)
Vinha	Testemunha	-	187	-
	Calcário calcítico	2		37,4
	Physiolith – dose máxima	2		37,4
	Physiolith – dose média	1		18,7
	Physiolith – dose mínima	0,5		9,4
Amendoim	Testemunha	-	256	-
	Calcário calcítico	1		25,6
	Calcário magnesiano	1		25,6
	Physiolith – dose máxima	1		25,6
	Physiolith – dose média	0,5		12,8
	Physiolith – dose mínima	0,25		6,4
	Gesso	1,5		38,4

### 3.3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental (Figura 8 e Figura 9) consistiu em blocos completos casualizados, com cinco e sete modalidades, respetivamente na cultura da vinha e do amendoim. Cada modalidade contemplou quatro repetições, existindo, portanto, quatro blocos experimentais. Este delineamento perfez um total de 20 (5 x 4) e 28 (7 x 4) talhões de ensaio, no caso da vinha e do amendoim, respetivamente.

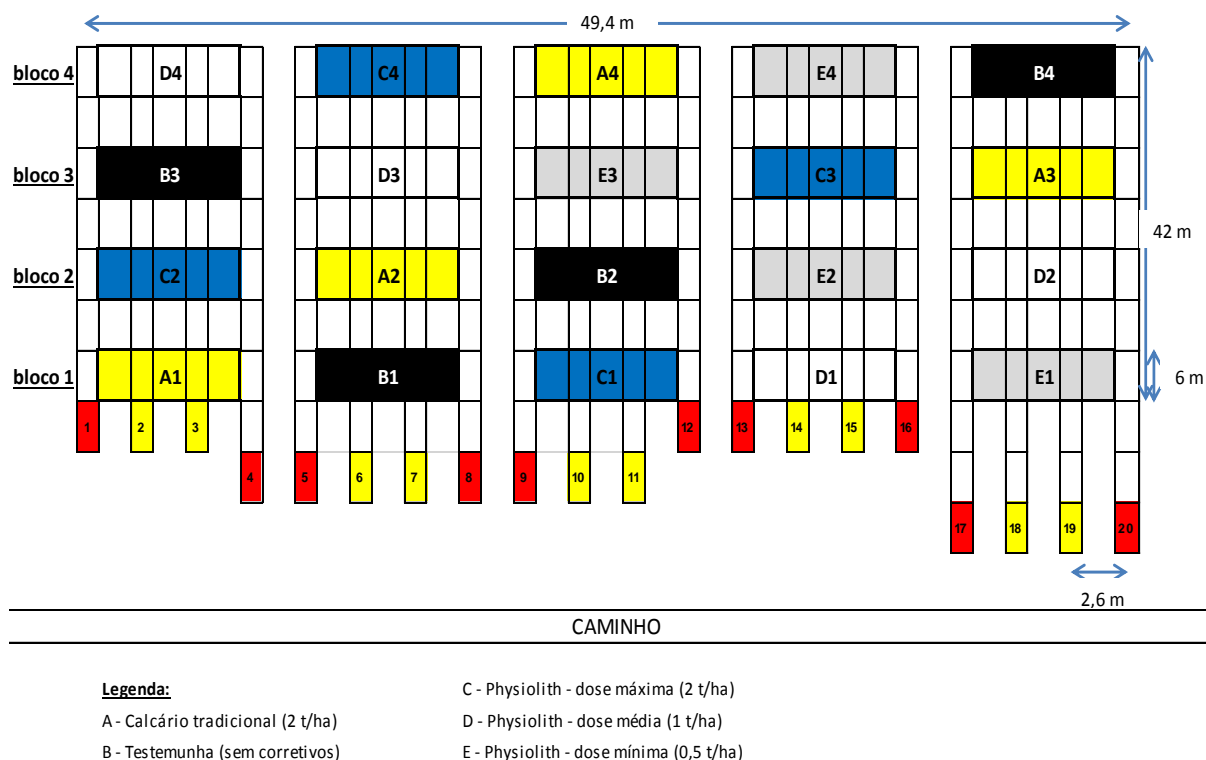


Figura 8 - Delineamento experimental na cultura da vinha, existindo cinco modalidades e quatro blocos (repetições).

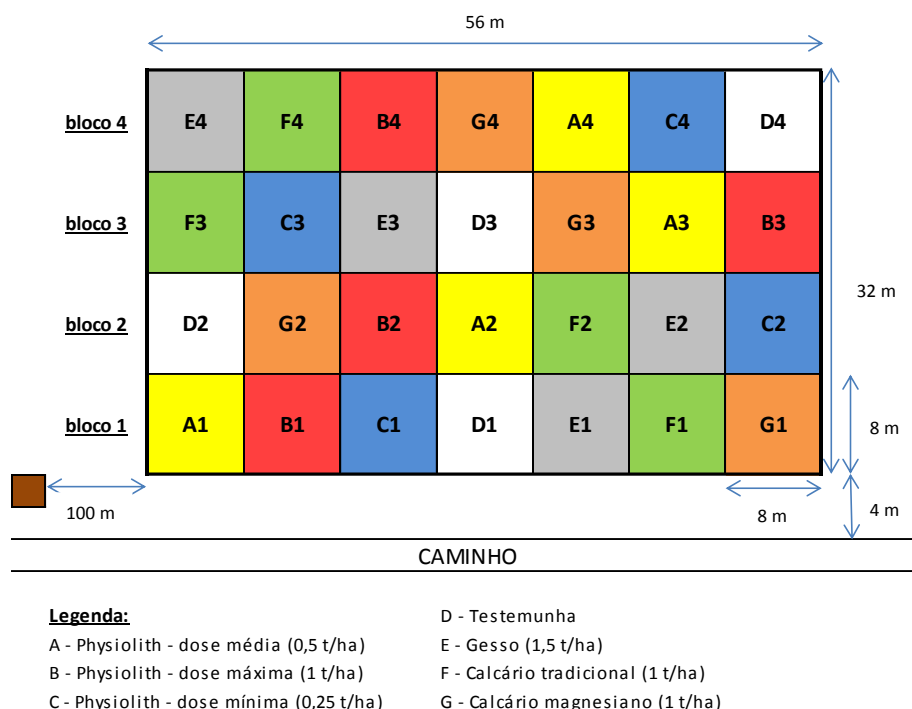


Figura 9 - Delineamento experimental na cultura do amendoim, existindo sete modalidades e quatro blocos (repetições).

Na vinha, o compasso era de 2,6 x 1 m e cada bloco contemplava três entrelinhas (duas linhas), com seis videiras por linha. Assim, a cada talhão correspondia uma área de 46,8 m<sup>2</sup> (2,6 x 3 x 6) e a cada modalidade 187 m<sup>2</sup> (46,8 x 4). O campo experimental tinha, no total, 936 m<sup>2</sup> (187 x 5).

Em relação à cultura do amendoim, cada talhão tinha uma área de 64 m<sup>2</sup> (8 x 8). Ora, existindo quatro blocos (repetições), cada modalidade compreendia 256 m<sup>2</sup> (64 x 4). A área total do campo de ensaio era de 1792 m<sup>2</sup> (256 x 7).

### 3.3.5. Instalação e condução dos ensaios

O conjunto das principais etapas adotadas no âmbito da instalação e condução dos ensaios de campo, respectivamente na cultura da vinha e do amendoim, encontra-se descrito no Quadro 2 e Quadro 3.

Quadro 2 - Sequência de etapas adotadas na instalação e condução dos ensaios na cultura da vinha.

Cultura	Data	Tarefa
Vinha	16-03-2018	Sinalização dos limites do campo de ensaio, com fita vermelha e branca, de modo a facilitar a sua identificação
		Sinalização das linhas de monitorização de videiras (2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18 e 19), com fita amarela e preta, e de todos os talhões, com fitas de cores diferentes (uma cor para cada modalidade)
		Seleção e marcação de três videiras, com um braço e de vigor médio, por talhão, para avaliação dos teores foliares e produtividade final
		Colheita de amostras de terra, uma por cada bloco de ensaio
	20-03-2018	Distribuição manual dos corretivos minerais (previamente pesados) pelos devidos talhões, com base no delineamento experimental
	03-06-2018	Colheita de amostras de material vegetal
	29-07-2018	Colheita de amostras de terra

Quadro 3 - Sequência de etapas adotadas na instalação e condução dos ensaios na cultura do amendoim.

Cultura	Data	Tarefa
Amendoim	03-05-2018	Marcação de uma estaca de referência, fora da zona de ensaio e de circulação de máquinas, útil na eventualidade de se perderem as estacas dos limites do campo de ensaio
		Marcação das oito estacas (sete modalidades) junto ao caminho, com 8 m de distância entre elas (largura dos talhões)
		Marcação das restantes estacas, recorrendo ao teorema de Pitágoras, para se definir o correto alinhamento de todas
		Colheita de amostras de terra, uma por cada bloco de ensaio
	30-07-2018	Distribuição manual dos corretivos minerais (previamente pesados) pelos devidos talhões, com base no delineamento experimental
		Colheita de amostras de material vegetal
	29-08-2018	Distribuição manual de gesso na modalidade correspondente
		Colheita de amostras de terra

É de referir que houve a preocupação de não aplicar os corretivos minerais quando que se previu a ocorrência de episódios de precipitação mais ou menos abundante, nos dias imediatamente após a referida aplicação, de modo a evitar o risco de escorrência superficial dos produtos, o que levaria à inviabilização do ensaio.

Em relação à vinha, é oportuno salientar que se tratava de uma vinha com apenas três anos de idade, encontrando-se ainda em fase de formação.

Refira-se, também, que a instalação dos ensaios na cultura do amendoim só decorreu no dia 3 de maio, já que estava prevista a realização de um nivelamento de terras imediatamente antes da sementeira. Além disso, devido a questões meteorológicas desfavoráveis após a sementeira (7 de maio), caracterizadas por temperaturas abaixo do normal e períodos de precipitação prolongados, que conduziu ao apodrecimento de muitas sementes, houve necessidade de se proceder a uma nova sementeira (5 de junho). Apesar de se terem mantido as plantas sobreviventes da primeira sementeira, as operações culturais realizaram-se tendo por base os estados fenológicos da segunda.

A Figura 10 ilustra o conjunto das principais etapas adotadas na instalação dos ensaios de campo na cultura do amendoim.



Figura 10 - Sequência de passos adotados na instalação dos ensaios na cultura do amendoim: (a) marcação de estacas junto ao caminho; (b) marcação das restantes estacas; (c) distribuição manual do Physiolith; (d) distribuição manual do gesso.

### **3.4. Parâmetros estudados**

O efeito da aplicação do Physiolith, comparativamente com a de outros corretivos minerais mais tradicionais, avaliou-se em termos dos três seguintes grupos de variáveis:

- Propriedades químicas do solo;
- Estado nutricional das plantas;
- Produtividade final.

As principais propriedades químicas do solo foram avaliadas através de análises ao solo, destacando-se: textura de campo; pH ( $H_2O$ ); Condutividade elétrica (CE); Matéria orgânica (MO); Fósforo ( $P_2O_5$ ), Potássio ( $K_2O$ ) e Magnésio (Mg) extraíveis; Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio de troca; Acidez de troca (AT); Soma das Bases de Troca (SBT); Capacidade de Troca Catiônica efetiva (CTCe); Graus de saturação em Cálcio, Potássio, Magnésio e Sódio; Grau de Saturação em Bases (GSB); Relações Ca/Mg, Ca/K e K/Mg de troca.

O estado nutricional das plantas avaliou-se através de análises foliares, na época adequada a cada cultura, com a determinação dos macro e micronutrientes seguintes: Azoto, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Sódio, Ferro, Cobre, Zinco, Manganês e Boro.

Os procedimentos de amostragem, bem como os métodos laboratoriais utilizados na determinação dos parâmetros anteriormente referidos, em termos de materiais terroso e vegetal, encontram-se descritos nas secções seguintes (3.4.1. e 3.4.2.), sendo semelhantes para as duas culturas, exceto indicação em contrário - por este motivo, decidiu-se ilustrar figuras respeitantes a apenas uma das culturas.

Neste contexto, é de referir que tanto a colheita de amostras de terra como de material vegetal seguiram as recomendações que constam no “Manual de Fertilização das Culturas” (LQARS, 2006), pelo menos nos casos em que se dispunha de informação para tal. Posteriormente, as respetivas análises laboratoriais decorreram no Laboratório de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia. Além disso, existiu a precaução de em ambos os tipos de amostragem, materiais terroso e vegetal, serem recolhidas amostras suficientemente afastadas da periferia dos talhões experimentais, de modo a minimizar o risco associado ao arrastamento de partículas entre estes, como resultado das usuais operações de mobilização de solos.

Por fim, a produtividade final, determinou-se pela pesagem de frutos, no fim da campanha cultural.

#### **3.4.1. Análises ao solo**

##### **3.4.1.1. Colheita de amostras**

A colheita de amostras de terra e a respetiva análise química, realizou-se em dois momentos distintos:

- Imediatamente antes da instalação dos ensaios, isto é, da aplicação dos vários corretivos minerais em estudo, já oportunamente apresentados;
- Antes da colheita final, mas suficientemente depois da instalação dos ensaios, de forma a garantir uma boa incorporação dos mesmos no solo.

Assim, as colheitas de amostras de terra na vinha decorreram a 16 de março e 29 de julho e, na cultura do amendoim, a 3 de maio e 29 de agosto.

Como material necessário utilizado na colheita das amostras de terra, destaca-se o seguinte: sonda de meia cana, balde de plástico, sacos de plástico e envelopes de papel. Todo este material se encontrava perfeitamente limpo, de forma a garantir a ausência de contaminações nas amostras recolhidas.

O procedimento de colheita, em cada unidade de amostragem, consistiu em enterrar a sonda até 20 cm de profundidade, em pelo menos 15 pontos diferentes, deitando-se o material recolhido (amostras parciais) no balde. Em seguida, misturava-se bem a terra, obtendo-se uma amostra composta representativa do terreno, da qual se retiravam cerca de 0,5 kg, que se armazenavam em sacos de plástico, devidamente identificados.

É de referir que, quer antes de se efetuar a colheita de amostras parciais, quer após a mesma, se removeram eventuais pedras, detritos ou restos de plantas existentes, de modo a facilitar a fase de pré-tratamento em laboratório.

#### **3.4.1.2. Métodos laboratoriais**

Após a recolha de amostras de solo e encaminhamento para o laboratório, procedeu-se aos seu pré-tratamento, ou seja, secagem ao ar, seguida de uma crivagem, com um crivo de 2 mm de abertura de malha. Assim, obteve-se apenas a fração designada por “terra fina”, sobre a qual se debruçaram as análises de terra, por ser aquela a que essencialmente se associam as propriedades químicas do solo. Posteriormente, estas amostras foram armazenadas em sacos de plástico, devidamente identificados. Na Figura 11 apresenta-se a sequência de procedimentos adotados.



Figura 11 - Sequência de procedimentos adotados no âmbito das análises de terra: colheita de amostras; crivagem (malha de 2 mm); armazenamento e identificação das amostras.

Em seguida, descrevem-se brevemente os métodos utilizados na determinação dos parâmetros em estudo. Tais análises seguiram as metodologias em uso no Laboratório de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia.

Deste modo, a textura de campo foi identificada através de um ensaio manual ao comportamento da terra, em termos de possibilidade de se moldar em filamento e curvar em argola, após devidamente amassada com água (Santos, 2015).

O pH e a condutividade elétrica determinaram-se numa suspensão solo:água, na proporção 1:2,5 (m/V), ao fim de 1 hora de agitação (Póvoas & Barral, 1992), utilizando-se respetivamente um potenciómetro (ThermoScientific, Orion 3 Star) e um condutivímetro (ThermoScientific, Orion Star A212).

Os teores de fósforo e potássio extraíveis foram determinados pelo método de Égner-Riehm, a partir de uma solução extratante de lactato de amónio e ácido acético, tamponizada a pH 3,75, na proporção de 1:20 (m/V), após 2 horas de agitação (Póvoas & Barral, 1992); os teores de magnésio extraíveis obtiveram-se após extração com acetato de amónio 1 M, na proporção de 1:15, ao fim de 15 minutos de agitação. A quantificação dos três elementos realizou-se através de uma espectrofotometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), num equipamento de marca Unicam, modelo iCAP7000 (ThermoScientific, Waltham, Massachusetts, EUA).

Na determinação dos teores de matéria orgânica, as amostras foram submetidas a uma oxidação por via seca, recorrendo-se a um TOC (Total Organic Carbon), num equipamento da marca Analytikjena, modelo multi EA 4000. A amostra foi incinerada a 950-1100 °C, numa corrente de O<sub>2</sub>, e o CO<sub>2</sub> produzido foi quantificado num detetor de infravermelhos (Santos, 2015).

Para a acidez de troca, começou-se por efetuar uma extração com cloreto de potássio 1 M, na proporção 1:10 (m/V), com 30 minutos de agitação. Após centrifugação (4000 rpm, 10 min), para obtenção do sobrenadante, seguiu-se uma titulação ácido-base, recorrendo-se a hidróxido de sódio 0,043475 M e indicador de fenolftaleína.

As bases de troca (Ca, Mg, K e Na) quantificaram-se após extração com acetato de amónio 1 M, na proporção 1:15 (m/v), após 15 minutos de agitação. No extrato obtido, após centrifugação (4000 rpm, 10 min), aplicou-se a mesma técnica ICP-OES e equipamento já referidos.

Por fim, destacam-se ainda os parâmetros que se obtiveram através de cálculos: a capacidade de troca cationica efetiva (CTCe) e o grau de saturação em bases (GSB). A CTCe (cmol+/kg) calculou-se através da soma das bases de troca (SBT) pela acidez de troca (AT), a pH real:  $CTCe = SBT + AT$ . A GSB (%) calculou-se pela razão entre a SBT e a CTCe, multiplicada por 100:  $GSB = \frac{SBT}{CTCe} \times 100$ .

### **3.4.2. Análise foliar**

#### **3.4.2.1. Colheita de amostras**

A colheita de amostras de material vegetal, em termos de época, parte da planta a colher e número de plantas para formar a amostra, difere em função da cultura em estudo.

Na cultura da vinha, a amostragem, neste caso de pecíolos, realizou-se à plena floração, quando pelo menos 75% das plantas tinham a maior parte das flores abertas, concretamente no dia 3 de junho, pelo início da manhã. Colheram-se pecíolos de folhas opostas ao cacho basal, inseridas no terço médio do braço, em videiras de vigor médio, de forma a reduzir a influência deste fator (o vigor) ao nível dos respetivos teores foliares. Após a amostragem, os pecíolos foram colocados dentro de envelopes de papel, devidamente identificados, e entregues em laboratório num prazo de 24 horas.



Relativamente à cultura do amendoim, devido à inexistência de informação na fonte bibliográfica de referência, seguiram-se as recomendações do livro “Plant Analysis Handbook” (Jones et al., 1991). Neste sentido, a colheita realizou-se ao início da floração, em concreto no dia 30 de julho. Dada também a ausência de indicações específicas sobre a parte da planta a colher, nesta última fonte (menciona apenas que deverá ser a parte superior da planta), optou-se por selecionar folhas localizadas a um terço do topo da planta, por ser o critério utilizado noutras leguminosas, como o trevo e a luzerna. Em seguida, o material recolhido foi armazenado em envelopes de papel, devidamente identificados, e imediatamente entregue em laboratório.

Por fim, é de referir que durante a amostragem, em ambas as culturas, se teve a precaução de não colher material vegetal com resíduos de terra (ou outros) e/ou atacado por pragas ou doenças, como medida de preservação dos resultados a obter na posterior análise foliar.

Na Figura 12 ilustra-se o momento de colheita de amostras de material vegetal, em ambas as culturas, com destaque para a parte da planta que serviu de amostragem.



Figura 12 - Colheita de amostras de material vegetal nas culturas da vinha e do amendoim.

#### **3.4.2.2. Métodos laboratoriais**

Após a recolha de amostras de material vegetal (folhas completas, no caso do amendoim, e pecíolos, no caso da vinha), as amostras foram secas em estufa aquecida a 65°C, durante um período mínimo de 48 horas. Em seguida, procedeu-se à trituração do material vegetal num moinho inox, com um crivo de 1 mm, de marca Cullatti, modelo TYP MFC (Cullatti, Berna, Suíça). O respetivo material moído foi sendo armazenado em pequenos sacos de plástico, devidamente identificados. A Figura 13 ilustra a sequência dos procedimentos laboratoriais acima descritos, neste caso para a cultura do amendoim.

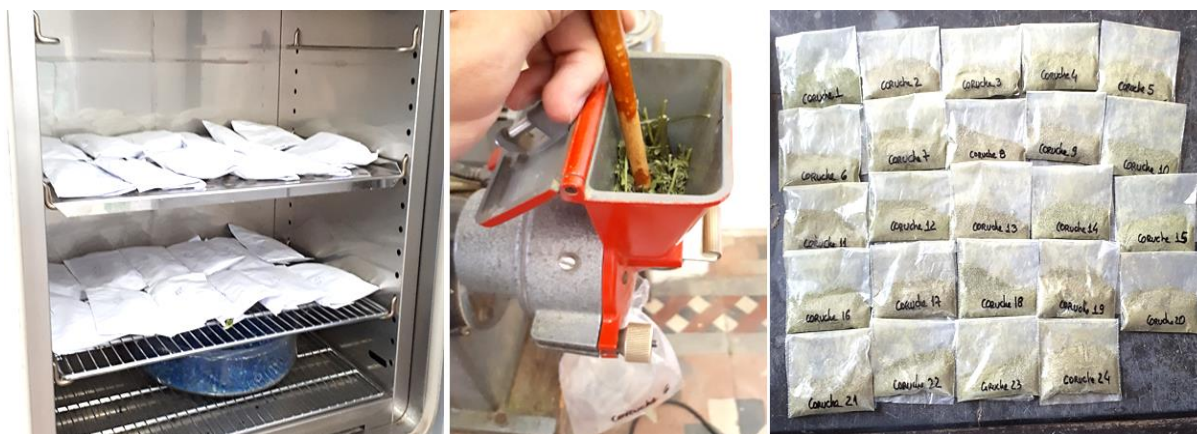


Figura 13 - Sequência de procedimentos laboratoriais adotados como pré-tratamento das amostras de folhas, na cultura do amendoim: secagem em estufa (65°C); moagem; armazenamento e identificação das amostras.

Os métodos laboratoriais diferiram consoante a análise química se destinasse ao cálculo do teor foliar de azoto ou do teor foliar dos restantes elementos químicos: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, cobre, zinco, manganês e boro.

Na determinação do teor de azoto, recorreu-se ao método de Kjeldahl (Horneck & Miller, 1998). Nesse sentido, procedeu-se à digestão de 0,25 g de material vegetal, previamente seco, com uma mistura de ácido sulfúrico concentrado (6 mL) e selénio (catalisador), a 340°C, durante aproximadamente três horas. Após a digestão e arrefecimento da amostra, adicionou-se água até se obter um volume final de 50 mL. Recorrendo ao método de Berthelot (Houba et al., 1989), seguiu-se o processo de quantificação por uma colorimetria na zona do visível, com recurso a um autoanalisador de fluxo segmentado – espectrofotómetro de marca SKALAR, modelo SANplusSYSTEM (Skalar Analytical B. V., Breda, Holanda).

Na determinação dos restantes nutrientes, começou-se por colocar cerca de 0,30 g de amostra no respetivo tubo de digestão, anotando-se o peso final (tara + amostra). Estas amostras foram secas em estufa aquecida a 105°C, repesando-se ao fim de pelo menos 24 horas (tara + amostra - água), de forma a proceder à determinação do seu teor de humidade residual. Este procedimento prévio deve-se ao fato de o teor de nutrientes se reportar à matéria seca.

Após as pesagens, seguiram-se as fases de digestão e quantificação, adaptando a metodologia da Norma Europeia EN 13650 (CEN, 2001). Cada amostra de 0,30 g foi digerida com uma mistura de 9 mL de ácido clorídrico a 37% e 3 mL de ácido nítrico a 65% (isto é, água régia, na proporção de 3:1), a 105°C, durante cerca de duas horas. Depois da digestão e arrefecimento da amostra, adicionou-se água até se perfazer o volume de 50 mL. Após a homogeneização e decantação, retirou-se 10 mL de sobrenadante e quantificaram-se os elementos químicos, através de uma espectrofotometria de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), num equipamento de marca Unicam, modelo iCAP7000 (Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, EUA).



### 3.4.3. Análise de produtividade final

Por fim, para a análise da produtividade final, em cada uma das repetições (talhões), realizou-se uma colheita de frutos (Figura 14), seguida de pesagem.

Na cultura da vinha, em cada talhão, avaliou-se a produção de três videiras de um braço e de vigor médio. No caso em que apenas existiam duas videiras com um braço (talhão C4), optou-se por considerar uma outra de dois braços, dividindo a respectiva produção por dois.



Figura 14 - Momento de colheita das uvas (1-10-2018) e do amendoim (4-10-2018).

Na cultura do amendoim, selecionaram-se seis plantas ao acaso, em diversos pontos de cada talhão de ensaio, mas suficientemente afastadas da bordadura dos mesmos, pela razão já outrora referida.

Por questões relacionadas com atrasos excepcionais da campanha do amendoim, em virtude das generalizadas temperaturas abaixo da média e precipitações intensas e prolongadas, esta avaliação efetuou-se antes da maturação completa, concretamente dia 4 de outubro. De qualquer modo, é de ressaltar que ao fim de 75 DAS (coincidente com o dia 20 de setembro) já se espera que metade das sementes tenha atingido o seu tamanho final. Deste modo, se forem de esperar diferenças entre modalidades de ensaio, essas manifestar-se-ão numa fase mais precoce, como aquela em questão.

### 3.5. Análise estatística

O ensaio realizado corresponde a um delineamento experimental a um fator, com cinco e sete níveis (modalidades ou tratamentos), respetivamente no caso da vinha e do amendoim. O delineamento é equilibrado, ou seja, existe um número igual de observações por modalidade, sendo de quatro neste caso ( $N = 4$ ), equivalente ao número de blocos.

O tratamento estatístico dos dados recolhidos consistiu numa análise de variâncias (ANOVA), recorrendo-se ao programa *Statistix 9*. Nos casos em que se encontraram diferenças significativas nas análises de variâncias, efetuaram-se testes LSD, a um nível de significância de 5%, através de uma comparação de médias das variáveis nas diversas modalidades em estudo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos no âmbito da avaliação do efeito do Physiolith, nas culturas do amendoim e da vinha, em comparação com outros corretivos minerais.

À semelhança da metodologia adotada no capítulo anterior, os resultados e a sua discussão encontram-se aqui organizados por tipo de análise efetuada, existindo, assim, três subcapítulos. Dentro de cada subcapítulo, a apresentação e discussão de resultados foi realizada individualmente para cada parâmetro, não obstante se ter procurado relacioná-los sempre que possível.

### 4.1. Propriedades químicas do solo

Neste trabalho, começou-se por estudar algumas das propriedades químicas do solo. É de referir que o tempo decorrido entre a instalação dos ensaios (i.e., a aplicação de corretivos) e a colheita de material terroso para análise laboratorial, foi de 131 e 118 dias, respetivamente na cultura da vinha e do amendoim.

#### 4.1.1. Vinha

Os resultados obtidos na análise de variância (ANOVA) das propriedades químicas do solo, na cultura da vinha, encontram-se apresentados no Quadro 4 – o sombreado identifica os parâmetros em que o valor-p é inferior a 0,05.

Quadro 4 - Resultados da ANOVA (valor-p) das propriedades químicas do solo, na cultura da vinha.

<b>Parâmetro</b>	<b>pH</b> (H <sub>2</sub> O)	<b>CE</b>	<b>MO</b>	<b>P ext</b> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>K ext</b> (K <sub>2</sub> O)	<b>Mg ext</b>	<b>Ca</b> (troca)	<b>Mg</b> (troca)	<b>K</b> (troca)	<b>Na</b> (troca)	<b>AT</b>
<b>Valor-p</b>	0,006	0,206	0,241	0,682	0,112	0,128	0,000	0,128	0,112	0,032	0,000

<b>Parâmetro</b>	<b>SBT</b>	<b>CTC</b>	<b>Ca</b> (%CTC)	<b>Mg</b> (%CTC)	<b>K</b> (%CTC)	<b>Na</b> (%CTC)	<b>GSB</b>	<b>Ca/Mg</b>	<b>Ca/K</b>	<b>K/Mg</b>
<b>Valor-p</b>	0,000	0,001	0,001	0,008	0,536	0,042	0,002	0,000	0,010	0,253

**Legenda:** CE – condutividade elétrica; MO – matéria orgânica; P ext – fósforo extraível; K ext – potássio extraível; Mg ext – magnésio extraível; Ca – cálcio de troca; Mg – magnésio de troca; K – potássio de troca; Na – sódio de troca; AT – acidez de troca; SBT – soma das bases de troca; CTC – capacidade de troca catiónica efetiva; Ca (%CTC) – grau de saturação (GS) em cálcio; Mg (%CTC) – GS em magnésio; K (%CTC) – (GS) em potássio; Na (%CTC) – GS em sódio.

A análise do Quadro 4 ilustra a existência de um efeito significativo das modalidades estudadas (valores-p inferiores a 0,05) em mais de metade dos parâmetros analisados: pH (H<sub>2</sub>O); Cálcio (Ca), Sódio (Na) e Acidez de troca (AT); Soma das bases de troca (SBT); Capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe); Graus de saturação em cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e em bases (GSB); Relações Ca/Mg e Ca/K.

No Quadro 5 encontram-se indicadas as médias de cada modalidade de ensaio, no que se refere aos parâmetros: pH (H<sub>2</sub>O), Condutividade elétrica (CE) e Matéria orgânica (MO) – a negrito assinala-se a

média mais elevada de cada parâmetro, independentemente de ser ou não estatisticamente diferente das restantes.

Quadro 5 - Médias de pH (H<sub>2</sub>O), Condutividade elétrica (CE,  $\mu$ S/cm) e Matéria orgânica (MO, %), em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico (2 t/ha); B – Testemunha; C – Physiolith máximo (2 t/ha); D – Physiolith médio (1 t/ha); E – Physiolith mínimo (0,5 t/ha).

Modalidade	pH (H <sub>2</sub> O)	CE	MO
	-	( $\mu$ S/cm)	(%)
A	<b>5,64 a</b>	83,0 a	0,70 a
B	4,91 c	77,5 a	0,68 a
C	5,43 ab	104,3 a	0,67 a
D	5,11 bc	<b>143,0 a</b>	<b>0,78 a</b>
E	5,16 bc	83,3 a	0,63 a
DP	0,12	29,0	0,05
Valor-p	0,006	0,206	0,241

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

#### ▪ pH (H<sub>2</sub>O)

Em relação ao pH, observa-se que a modalidade A é a que apresenta a média mais elevada (5,64), diferindo significativamente das modalidades E (5,16), D (5,11) e B (4,91), apesar de não ser estatisticamente diferente da C (5,43). A modalidade B (testemunha) é, pois, a que apresenta a média mais baixa, com uma diferença significativa em relação a A e C.

Os resultados estão de acordo com o que seria expetável, no sentido em que os valores mais elevados de pH se alcançaram com as doses mais elevadas de corretivos. Ou seja, foi nos tratamentos com calcário calcítico (A) e a dose máxima de Physiolith (C) que se observou uma maior subida do valor do pH do solo.

Assim, embora o efeito do Physiolith (dose máxima) tenha sido idêntico ao obtido com o calcário calcítico, a sua utilização, em termos de minimização da acidez do solo, é claramente vantajosa face à testemunha.

Apesar da existência de diferenças significativas, é de notar que, em termos médios, em nenhuma das modalidades se superou o valor de pH de 5,64. Este valor é quase uma unidade mais baixo do que aquele que se esperaria obter (6,5) com a aplicação da dose de calcário calcítico em causa (2 t/ha). Tal disparidade poderá dever-se à hipótese de os corretivos não terem tido tempo suficiente para se decomporem na totalidade. Se assim for, mais tempo seria necessário para que uma correção mais efetiva da reação do solo se verificasse.

Em seguida, no Quadro 6, indicam-se as médias obtidas para cada modalidade de ensaio, relativamente aos parâmetros: Fósforo extraível, Potássio extraível e Magnésio extraível. Como já anteriormente referido, não existem, porém, diferenças significativas entre as respetivas modalidades, embora as médias mais elevadas correspondam à aplicação da dose média de Physiolith.

Quadro 6 - Médias de Fósforo extraível (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ext), Potássio extraível (K<sub>2</sub>O ext) e Magnésio extraível (Mg ext), expressos em mg/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E- Physiolith mínimo.

Modalidade	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ext	K <sub>2</sub> O ext	Mg ext
	mg/kg		
A	205,3 a	47,2 a	13,7 a
B	206,6 a	69,5 a	13,8 a
C	193,0 a	88,3 a	13,7 a
D	<b>218,6 a</b>	<b>89,8 a</b>	<b>18,6 a</b>
E	198,3 a	55,6 a	11,8 a
DP	12,7	10,0	1,7
Valor-p	0,682	0,112	0,128

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

O Quadro 7 apresenta os resultados obtidos no que se refere às Bases (Ca, Mg, K, Na) de troca e à Acidez de troca (AT) do solo.

Quadro 7 - Médias de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Sódio (Na) de troca e Acidez de troca (AT), expressos em cmol+/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo.

Modalidade	Ca	Mg	K	Na	AT
	(cmol+/kg)				
A	<b>1,34 a</b>	0,113 ab	<b>0,200 a</b>	0,065 ab	0,152 c
B	0,40 c	0,113 ab	0,148 a	0,060 b	<b>0,292 a</b>
C	0,56 bc	0,113 ab	0,188 a	0,060 b	0,228 b
D	0,65 b	<b>0,153 a</b>	0,191 a	<b>0,077 a</b>	0,229 b
E	0,38 c	0,097 b	0,118 a	0,057 b	0,287 a
DP	0,06	0,014	0,021	0,004	0,011
Valor-p	0,000	0,128	0,112	0,032	0,000

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

#### ▪ Cálcio de troca

Em relação ao Cálcio de troca, observa-se que a modalidade A apresenta a média mais elevada (1,34 cmol+/kg), sendo significativamente diferente das restantes. Além disso, é de notar que, a média da modalidade A, é aproximadamente o dobro da segunda média mais alta, D (0,65 cmol+/kg).

As modalidades E (0,38 cmol+/kg) e B (0,40 cmol+/kg) são as têm as médias mais baixas, diferindo significativamente das A e D. Em particular, comparativamente a A, os tratamentos E e B apresentam uma média muito inferior, em cerca de 3,5 vezes. Entre as modalidades D (0,65 cmol+/kg) e C (0,56 cmol+/kg) não se observam diferenças significativas entre as respetivas médias.

No seguimento destes resultados, o calcário calcítico, em comparação com as restantes modalidades, foi o corretivo que provocou o maior acréscimo do teor de Cálcio no solo. Ainda assim, atente-se que a utilização de Physiolith (até à dose média) também permite aumentos significativos deste parâmetro.

De um modo geral, os resultados estão de acordo com o esperado, pois a quantidade unitária de cálcio veiculado pelo calcário calcítico é cerca de 50% superior à do Physiolith. Deste modo, para a mesma dose de ambos, a concentração de Cálcio de troca será superior na modalidade com calcário calcítico.

Por fim, é de referir que todas as modalidades apresentam teores de Cálcio de troca inferiores a 2,1 cmol+/kg e, por isso, teores classificados como “muito baixos” (LQARS, 2006 – Anexo XV), pelo que qualquer aumento do valor deste parâmetro será positivo, desde que se atenda, naturalmente, à necessidade da existência de um equilíbrio com os restantes nutrientes vegetais.

#### ▪ **Sódio de troca**

No que se refere ao Sódio de troca, face à testemunha B (0,060 cmol+/kg), apenas a modalidade D (0,077 cmol+/kg) apresenta diferenças significativas. Também não se observam diferenças estatísticas entre as modalidades E, C, B e A, apesar da A mostrar tendência para ter uma média mais elevada.

De qualquer modo, o teor de Sódio de troca, em qualquer uma das modalidades, por ser inferior a 0,1 cmol+/kg, classifica-se como “muito baixo” (LQARS, 2006 – Anexo XV), não sendo de recear eventuais problemas a ele associados.

Face aos presentes resultados, do ponto de vista do enriquecimento do solo em Sódio de troca, parece pertinente a utilização da dose média de Physiolith (D). Pelo contrário, o efeito da utilização de outras doses (mínima e máxima) deste corretivo, revelou-se idêntico ao da testemunha e do calcário calcítico. Ressalte-se, contudo, que por se tratar de um elemento benéfico para apenas um número limitado de espécies vegetais, o seu baixo teor, à partida, não deverá ser alvo de correção.

Sabe-se que o Physiolith é um corretivo calcário marinho que contém sódio na sua composição, ao contrário de um carbonato terrestre. Por tal motivo, compreende-se que a modalidade à qual estivesse associado o maior teor de Sódio fosse uma das que se utilizou o Physiolith (neste caso, na dose média).

#### ▪ **Acidez de troca (AT)**

A Acidez de troca (AT) foi um dos parâmetros em que se observaram as diferenças mais evidentes entre as modalidades de ensaio, estando-lhe associada um dos mais baixos valor-p (0,000), considerando o conjunto de resultados estatísticos obtidos.

As modalidades que apresentam as médias de AT mais elevadas são as B e E (0,29 cmol+/kg), diferindo significativamente das três restantes. Pelo contrário, destaca-se a modalidade A, com a média mais baixa (0,15 cmol+/kg) e significativamente diferente de todas as outras. Não se observam, porém, diferenças estatísticas entre os pares de modalidades B e E, e D e C.

Deste modo, apesar do calcário calcítico parecer exercer maior influência sobre este parâmetro, é de referir que à exceção da modalidade E, também os restantes tratamentos (i.e., doses média e máxima de Physiolith) apresentaram uma diferença significativa face à testemunha (B). Assim, nas presentes condições de ensaio, a aplicação de corretivos – não só de calcário calcítico, mas também de Physiolith, representa uma clara vantagem em termos de minimização da AT do solo.

É, ainda, curioso notar que a modalidade C não se traduz em melhores resultados do que a D, pelo que não se justifica a aplicação da dose máxima de Physiolith, em relação à respetiva dose média.

Finalmente, é de referir que os resultados estão de acordo com o que se observou a propósito do pH, no sentido em que se verificou uma clara tendência para as modalidades com as maiores médias de pH serem aquelas em que se registaram as menores médias de AT. Tal deriva da conhecida relação entre estes dois parâmetros, como resultado da tendência de equilíbrio entre a concentração de iões  $H^+$  no complexo de troca (medida pela AT) e os mesmos iões na solução do solo (medida pelo pH).

A título de exemplo, na modalidade A, em que se registou o maior aumento de pH, o que está associado a uma menor concentração de iões  $H^+$  na solução do solo, também se observou a maior redução no valor da AT. E em relação à modalidade B, com a média deste parâmetro mais elevada, verificou-se a situação oposta.

Em seguida, é realizada uma análise dos parâmetros que se obtiveram por intermédio de cálculo, a partir dos mencionados até ao momento.

No Quadro 8 ilustram-se os resultados obtidos para os parâmetros: Soma das bases de troca (SBT) e Capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe).

Quadro 8 - Médias da Soma das bases de troca (SBT) e Capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe), expressas em cmol+/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo.

Modalidade	SBT	CTCe
	(cmol+/kg)	
A	1,74 a	1,89 a
B	0,72 cd	1,01 c
C	0,92 bc	1,15 bc
D	1,07 b	1,30 b
E	0,65 d	0,94 c
DP	0,09	0,08
Valor-p	0,003	0,001

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

#### ▪ Soma das bases de troca (SBT)

Em relação à SBT, observa-se que a modalidade A regista a média mais alta (1,74 cmol+/kg), sendo estatisticamente diferente das restantes, e em mais do dobro superior à B (testemunha). No extremo oposto, com as médias mais baixas, destacam-se as modalidades E (0,65 cmol+/kg) e B (0,72 cmol+/kg), que diferem significativamente das A e D (1,07 cmol+/kg).

Deste modo, apesar das doses mínima e máxima de Physiolith não terem permitido um aumento significativo da SBT, a dose média deste produto, à semelhança do calcário calcítico, apresenta-se novamente como uma vantagem face à testemunha.

É de notar que há uma tendência para que quanto maior for a média das modalidades para o Cálcio de troca, maior a média no caso da SBT. Tal semelhança não é surpreendente se se considerar que o cálcio era não só o elemento mais abundante do complexo de troca, em qualquer uma das modalidades testadas, como também o veiculado em maiores quantidades pelos corretivos.

▪ **Capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe)**

Quanto à CTCe, verificam-se resultados análogos aos que se obtiveram na análise do parâmetro precedente, a SBT, e opostos à Acidez de troca (AT). É oportuno lembrar que a CTC é dada pela soma destes dois parâmetros e que estes tendem a variar em sentido opostos.

As diferenças entre as médias das diversas modalidades não são, porém, tão pronunciadas como no caso da SBT. Por exemplo, a modalidade A apresentou-se novamente com a média mais elevada (1,89 cmol+/kg), sendo estatisticamente diferente das restantes, mas agora apenas superior à média da testemunha (1,01 cmol+/kg) em menos do dobro. De qualquer modo, em todas as modalidades, as médias de CTCe obtidas, por serem inferiores a 5,1 cmol+/kg, classificam-se como “muito baixas” (LQARS, 2006 - Anexo XV).

Ainda assim, o calcário calcítico (A) apresenta-se, também aqui, como o corretivo mais eficaz no aumento da CTCe. Note-se, contudo, que face à testemunha (B), também a dose média de Physiolith (D) permite subidas significativas deste parâmetro, sendo igualmente benéfico o seu uso.

O facto de a CTCe manifestar a mesma tendência que a SBT, embora as diferenças entre médias sejam menos pronunciadas, deve-se a esta última ter valores muito superiores aos da AT (mais do dobro), em qualquer uma das modalidades. Assim, ao nível da CTCe, espera-se que o efeito da variação da SBT se sobreponha ao da AT.

Em seguida, no Quadro 9, apresentam-se os resultados obtidos para os Graus de saturação em Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio e Bases.

Quadro 9 - Médias dos Graus de saturação em Cálcio, Magnésio e Sódio (% CTCe), em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo.

Modalidade	Ca	Mg	K	Na	GSB
	(% CTCe)				
A	<b>70,6 a</b>	6,2 b	10,5 a	3,3 b	<b>91,5 a</b>
B	38,1 c	11,1 a	14,7 a	<b>6,1 a</b>	70,0 c
C	48,7 b	9,7 a	<b>16,3 a</b>	5,2 a	80,0 b
D	50,1 b	<b>11,7 a</b>	14,7 a	5,9 a	82,4 ab
E	38,8 c	10,2 a	12,5 a	<b>6,1 a</b>	68,7 c
DP	2,5	0,6	1,7	0,4	2,4
Valor-p	0,001	0,008	0,536	0,042	0,002

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.



#### ▪ **Grau de saturação em Cálcio**

Em relação ao Grau de saturação em Cálcio, os resultados são muito semelhantes ao que se verificou para os dois parâmetros dos quais este depende: a concentração de Cálcio de troca e a CTCe.

De facto, a modalidade A continua a liderar o quadro, com uma média (70,6%) que é quase o dobro da testemunha B (39,8%). De modo análogo, também as modalidades D (50,1%) e C (48,7%) são significativamente diferentes de B, embora iguais entre si.

De acordo com LQARS (2006), o cálcio deve ocupar entre 60 e 80% do complexo de troca – Anexo XVI. Assim, parece recomendável, como primeira opção, o uso de calcário calcítico na correção deste parâmetro. Alternativamente, ainda que com menor influência e sem o corrigir totalmente, embora a mais largo prazo possa ser preferível, poderão também aplicar-se as doses média e máxima de Physiolith; o efeito da respetiva dose mínima manifestou-se idêntico ao da testemunha.

Sabe-se que o Grau de saturação em Cálcio é dado pelo quociente entre o teor de Cálcio de troca e a CTCe. Dado que estes dois últimos parâmetros apresentam as mesmas tendências de resultados, poderia esperar-se que o aumento do primeiro fosse “anulado” por um aumento do segundo parâmetro, não se registando diferenças significativas entre as modalidades. Porém, as variações nos teores de Cálcio de troca são consideravelmente mais pronunciadas do que na CTCe, razão pela qual se continuam a verificar aqui diferenças estatísticas entre as modalidades.

#### ▪ **Grau de saturação em Magnésio**

Em termos de Grau de saturação em Magnésio, observa-se que apenas a modalidade A difere significativamente das restantes, apresentando a média mais baixa (6,2%); trata-se de um valor que é quase metade daquele que corresponde à testemunha B (11,1%).

Estes resultados são de alguma forma díspares dos que se observaram nos parâmetros anteriores, no sentido em que a modalidade A é agora a que apresenta a média mais baixa.

Segundo LQARS (2006) (Anexo XVI), o grau de saturação do complexo de troca em magnésio deverá situar-se entre 10 e 20%, pelo que todas as modalidades satisfizeram este parâmetro, à exceção daquela em que se aplicou calcário calcítico.

Nesse sentido, será recomendável precaução em termos de utilização de calcário calcítico, pois apesar de beneficiar muitos parâmetros de interesse (como se viu anteriormente), poderá induzir uma carência de magnésio ao nível da nutrição vegetal, como resultado de uma relação Ca/Mg excessivamente alta. De facto, sabe-se que o cálcio é um elemento preferencialmente adsorvido ao complexo de troca, criando competitividade com outros nutrientes vegetais, em particular o magnésio. A relação Ca/Mg será futuramente analisada com mais detalhe.

Assim, em solos que já possuam um Grau de saturação em Magnésio adequado, o Physiolith apresenta-se como uma solução mais viável do que o calcário calcítico.



#### ▪ **Grau de saturação em Sódio**

À semelhança do que se verificou com o parâmetro anterior, também no Grau de saturação em Sódio, apenas a modalidade A apresenta diferenças significativas relativamente às outras modalidades; a sua média é a mais baixa (3,3%), correspondendo igualmente a quase metade da média da testemunha B (6,1%).

A razão para tal poderá dever-se, uma vez mais, ao facto de o cálcio ser mais intensamente adsorvido ao complexo de troca do que o sódio, por ser um ião bivalente. Como consequência, na modalidade A, em que se aplicou calcário e houve um enriquecimento do complexo de troca maior em cálcio, era expectável que o Grau de saturação em Sódio diminuísse. O aumento da CTCe verificado na modalidade A não foi, pois, suficiente para contrabalançar com o aumento (mais pronunciado) de Cálcio de troca.

Como se viu, a aplicação de calcário calcítico, nas condições do presente ensaio, conduz a uma redução no Grau de saturação em Sódio. No entanto, como se já discutiu oportunamente, nenhuma modalidade se traduziu numa diminuição do teor de Sódio de troca no solo, mas unicamente numa redução em termos do respetivo grau de saturação.

De qualquer modo, é oportuno referir que os excessos deste nutriente no solo são mais de recear do que as carências (Santos, 2015). Na verdade, ao nível das culturas em estudo, não existem efeitos benéficos documentados associado a este elemento.

Em contraste, este parâmetro tem implicações ao nível das propriedades físicas (estrutura) do solo. Assim, em situações em que haja uma sobressaturação do complexo de troca em sódio, poderá ser recomendável a aplicação de corretivos que conduzam a uma redução do Grau de saturação em Sódio. Para tal, destaca-se, com base nos presentes resultados, o calcário calcítico, devido ao notável enriquecimento do complexo de troca em cálcio que este corretivo induz.

É aqui oportuno estabelecer uma analogia com a clássica utilização de gesso (seguida de uma lavagem ao solo) com vista à remediação de solos sódicos, por ser igualmente rico em cálcio. Assim, o calcário, em solos em que não haja prejuízo da elevação de pH (questão que não se coloca com o gesso), também poderá apresentar-se como uma alternativa viável à redução do valor deste parâmetro.

#### ▪ **Grau de saturação em bases (GSB)**

Quanto ao GSB, é possível observar que a média mais elevada (91,5%) pertence à modalidade A, a qual é significativamente diferente das restantes, à exceção da D (82,4%). Em relação à testemunha B (70,0%), na modalidade A regista-se um acréscimo de cerca de 30% no valor deste parâmetro.

Estes resultados apresentam a mesma tendência que se observou com outros parâmetros já analisados, nomeadamente o Grau de saturação em Cálcio, embora as diferenças de médias neste caso sejam menos acentuadas. Tal verifica-se porque o cálcio é, como já se referiu, o elemento mais abundante do complexo de troca, o que leva a que variações no Grau de saturação em Cálcio, em comparação com o de outras bases, causem mais facilmente alterações no GSB.

Esta relação entre as variáveis não é, porém, direta, pois como se viu, o aumento do Grau de saturação em Cálcio tende a conduzir a reduções do grau de saturação de outras bases que também são contabilizadas no cálculo do GSB. Daí as diferenças entre médias serem aqui menos expressivas.

Em termos de classificação do GSB (Anexo XV), as modalidades A e D apresentam médias “muito altas” e, as restantes, “altas”. Estes valores não são preocupantes, pelo contrário, dado que não existem problemas de salinidade do solo a eles associados, nem os iões ácidos (excetuando o manganês, mas em quantidades muito reduzidas) são essenciais à vinha.

Assim, em termos deste parâmetro, o Physiolith (dose média), à semelhança do calcário calcítico, representa uma clara vantagem relativamente à testemunha.

Por fim, no Quadro 10, apresentam-se os resultados sobre as Relações Ca/Mg, Ca/K e K/Mg.

Quadro 10 - Médias das Relações Ca/Mg, Ca/K e K/Mg, em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo.

Modalidade	Ca/Mg	Ca/K	K/Mg
A	12,5 a	6,7 a	1,8 a
B	3,4 c	3,0 b	1,3 a
C	5,2 b	3,0 b	1,7 a
D	4,3 bc	3,5 b	1,3 a
E	3,9 bc	3,2 b	1,3 a
DP	0,5	0,4	0,2
Valor-p	0,000	0,010	0,253

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

#### ▪ Relação Ca/Mg de troca

Quanto à Relação Ca/Mg de troca, verifica-se que a modalidade A apresenta a média mais elevada (12,3), sendo estatisticamente diferente das restantes. Além de A, também C (5,2) difere da testemunha (3,4). Contrariamente, D, E e B não apresentam diferenças significativas entre si, embora pareça existir tendência para E (3,9) e D (4,3) representarem uma relação mais alta do que a testemunha B (3,4).

Os resultados estão de acordo com o que se observou em termos dos parâmetros de que a Relação Ca/Mg depende, no sentido em que, de um modo geral, quanto maior for a quantidade de cálcio veiculado pelo corretivo, maior será esta relação. De facto, a aplicação de calcário, à qual estava associada o maior aumento de Cálcio de troca (e redução de Magnésio), foi a que resultou no maior valor deste parâmetro.

Por outro lado, verificou-se também uma tendência de aumento da Relação Ca/Mg com o aumento da dose de Physiolith aplicada. Este resultado não é surpreendente se atendermos ao facto de este corretivo apresentar uma quantidade residual de magnésio (1% MgO) face à quantidade total de cálcio (36% CaO).

Para que a Relação Ca/Mg seja adequada, deverá estar compreendida entre 2,6 e 4,0 (LQARS, 2006 – Anexo XVII), não sendo desfavorável para as propriedades físicas do solo (valores menores que 2,6) nem para a nutrição da planta em magnésio (valores maiores que 4,0). Neste sentido, as modalidades B, E e D apresentam médias adequadas; note-se que a modalidade C, por a respetiva média não se afastar muito do limite máximo recomendável, também se poderá considerar aceitável.

Deste modo, compreende-se que, ao contrário das restantes modalidades, a aplicação de calcário calcítico se tenha refletido num excessivo valor deste parâmetro, em cerca de três vezes face ao limite máximo adequado. A utilização de Physiolith, em qualquer dose, apresenta-se, pois, mais vantajosa. Esta diferença entre os efeitos dos dois corretivos pode explicar-se pelo facto de o Physiolith, para a mesma quantidade de produto, veicular não só menos cálcio, como também algum magnésio.

Face a estas observações, pode considerar-se que a aplicação exclusiva de calcário calcítico provoca uma subida excessiva da Relação Ca/Mg, dificultando a absorção de magnésio pela planta. Assim, em alternativa a uma utilização exclusiva deste corretivo, parece oportuno sugerir o uso de outros que, além de cálcio, também veiculem magnésio em quantidades apreciáveis, como, por exemplo, o Physiolith ou um calcário magnesiano (ou dolomítico).

#### ▪ **Relação Ca/K de troca**

Na Relação Ca/K observaram-se diferenças significativas entre a modalidade A e as restantes, correspondendo-lhe a média mais elevada (6,7), sendo superior à média da testemunha B (3,0) em mais do dobro. No entanto, excetuando A, todas as modalidades são estatisticamente idênticas.

Mais uma vez, sabe-se que o cálcio é mais intensamente adsorvido ao complexo de troca do que as restantes bases, nomeadamente o potássio, razão pela qual a aplicação de calcário se traduz no maior valor da Relação Ca/K. Porém, neste caso, o aumento do valor deste parâmetro não parece problemático, pelo contrário. De acordo com LQARS (2006) o cálcio deverá estar presente no complexo de troca numa concentração entre 10 a 40 vezes superior à de potássio, o que significa que a relação mais adequada estaria compreendida entre os valores 10 e 40.

Assim sendo, constata-se que a aplicação de calcário tem um efeito benéfico em termos da Relação Ca/K, pois fá-la passar para cerca do dobro, aproximando-a do respetivo limite inferior considerado adequado. O uso de Physiolith (qualquer dose) mostrou efeitos idênticos à testemunha.

Em seguida, apesar de não existirem diferenças significativas entre as modalidades, no estudo da Relação K/Mg, considera-se oportuno comentar a adequabilidade das respetivas médias.

De acordo com LQARS (2006), em termos gerais, a quantidade de Potássio de troca deverá ser 2 a 10 vezes inferior à de Magnésio de troca. Assim, pelos resultados, constatou-se que, em todas as modalidades, as médias se encontravam muito acima do adequado, existindo um predomínio do potássio sobre o magnésio. Apesar de este problema não se colocar no caso da vinha, noutras culturas que se destinem à alimentação animal, esta situação pode provocar-lhes problemas de saúde, originando a conhecida doença designada por *tetania do pasto* (Santos, 2015).

Por último, adotando uma visão geral dos resultados desta secção (4.1.1), e considerando apenas os parâmetros em que se observaram valores-p menores que 0,05, é pertinente notar que, em relação à testemunha, verifica-se o seguinte: a dose mínima de Physiolith gera resultados estatisticamente idênticos; a dose média traduz-se em diferenças significativas; e a dose máxima não representa uma vantagem face à respetiva dose média.

Assim sendo, considera-se que, nas presentes condições de ensaio, o efeito benéfico do Physiolith só se manifesta até à sua dosagem média, não se justificando a aplicação da respetiva dose máxima. Outros estudos, ainda que realizados em condições diferentes, também sugerem que existe uma tendência para que o uso de doses mais elevadas de bioestimulantes não se traduza em benefícios face às respetivas doses mais baixas: Melo & Neto (2003); Herrera et al., 2014; Vijayanand et al., 2014; Silva, 2015; Silva et al., 2016 e Araújo et al., 2018.

#### 4.1.2. Amendoim

Em relação à cultura do amendoim, os resultados obtidos na análise de variâncias (ANOVA), a respeito das principais propriedades químicas do solo, ilustram-se no Quadro 11.

Quadro 11 - Resultados da ANOVA das propriedades químicas do solo, na cultura do amendoim.

<b>Parâmetro</b>	<b>pH</b> (H <sub>2</sub> O)	<b>CE</b>	<b>MO</b>	<b>P ext</b> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>K ext</b> (K <sub>2</sub> O)	<b>Mg ext</b>	<b>Ca</b> (troca)	<b>Mg</b> (troca)	<b>K</b> (troca)	<b>Na</b> (troca)	<b>AT</b>
<b>Valor-p</b>	0,001	0,023	0,531	0,321	0,933	0,449	0,355	0,449	0,933	0,693	0,090
<b>Parâmetro</b>	<b>SBT</b>	<b>CTC</b>	<b>Ca</b> (%CTC)	<b>Mg</b> (%CTC)	<b>K</b> (%CTC)	<b>Na</b> (%CTC)	<b>GSB</b>	<b>Ca/Mg</b>	<b>Ca/K</b>	<b>K/Mg</b>	
<b>Valor-p</b>	0,472	0,470	0,226	0,214	0,882	0,559	0,153	0,211	0,724	0,888	

**Legenda:** CE – condutividade elétrica; MO – matéria orgânica; P ext – fósforo extraível; K ext – potássio extraível; Mg ext – magnésio extraível; Ca – cálcio de troca; Mg – magnésio de troca; K – potássio de troca; Na – sódio de troca; AT – acidez de troca; SBT – soma das bases de troca; CTC – capacidade de troca catiónica efetiva; Ca (%CTC) – grau de saturação (GS) em cálcio; Mg (%CTC) – GS em magnésio; K (%CTC) – GS em potássio; Na (%CTC) – GS em sódio.

De entre o conjunto de resultados obtidos, é possível observar que apenas o pH (H<sub>2</sub>O) e a Condutividade elétrica (CE) apresentam um valor-p (0,001 e 0,023) inferior a 0,05.

Em seguida, no Quadro 12, ilustram-se os resultados dos testes LSD ( $\alpha=0,05$ ) para o pH (H<sub>2</sub>O), Condutividade elétrica (CE) e Matéria orgânica (MO) do solo.

Quadro 12 - Médias de pH (H<sub>2</sub>O), Condutividade elétrica (CE,  $\mu$ S/cm) e Matéria orgânica (MO, %), em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio (0,5 t/ha); B – Physiolith máximo (1 t/ha); C – Physiolith mínimo (0,25 t/ha); D – Testemunha; E – Gesso (1,5 t/ha); F – Calcário calcítico (1 t/ha); G – Calcário magnesiano (1 t/ha).

Modalidade	pH (H <sub>2</sub> O)	CE	MO
	-	( $\mu$ S/cm)	(%)
A	6,20 bc	118,3 b	1,17 a
B	6,18 bc	108,3 b	1,24 a
C	6,13 c	101,8 b	1,29 a
D	6,30 b	98,5 b	1,26 a
E	6,08 c	<b>218,0 a</b>	1,26 a
F	6,29 b	135,0 b	<b>1,31 a</b>
G	<b>6,48 a</b>	116,8 b	1,25 a
DP	0,05	22,8	0,05
Valor-p	0,001	0,023	0,531

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

#### ▪ pH (H<sub>2</sub>O)

Em relação ao pH, verifica-se que a modalidade G difere significativamente de todas as restantes, com uma média de 6,48, em contraste com a média de 6,30 da testemunha (D). No extremo oposto, com as médias de pH mais baixas, destacam-se as modalidades E (6,08) e C (6,13), sendo significativamente diferentes da testemunha. As modalidades D, F, A e B não apresentam diferenças estatísticas entre si.

É de salientar, contudo, que em nenhuma modalidade se obtiveram valores médios de pH superiores ao da testemunha, à exceção daquela em que se aplicou calcário magnesiano (G). Assim, considera-se que o calcário magnesiano, a curto prazo (prazo em estudo), é o único corretivo eficaz no aumento do pH do solo. Por outro lado, deverá atentar-se para o fato de este corretivo poder aumentar excessivamente o pH do solo a médio-longo prazo, podendo tornar-se inconveniente a sua utilização, em especial neste caso de estudo, em que o seu valor já se encontra dentro da gama considerada adequada para a cultura do amendoim.

Sabe-se que o tempo de atuação de um corretivo alcalinizante depende dos seguintes fatores (Alcarde, 1992; Santos, 2015): solo (pH), clima (temperatura e humidade), valor neutralizante, dureza e granulometria do corretivo – estes dois últimos tendem a aumentar o referido tempo de ação. Ora, sendo as condições de ensaio (solo e clima) idênticas, o valor neutralizante de 96% para ambos os calcários (calcítico e magnesiano) e a dureza deste último superior, apenas a granulometria permitirá explicar os resultados obtidos.

Assim, acredita-se que o calcário magnesiano possuirá uma granulometria mais fina, a ponto de o efeito associado a esta característica se sobrepor ao da maior dureza. Nesse sentido, à época das análises de terra, este corretivo já estaria mais decomposto no solo do que o calcário calcítico, permitindo explicar a respetiva elevação significativa de pH. Ressalve-se que esta hipótese só poderia ser validada se efetivamente se conhecessem as curvas granulométricas dos corretivos testados. Por outro lado, o

calcário magnesiano, além de ser mais duro, tem um valor neutralizante superior ao do Physiolith (67%), o que permite explicar o facto de o pH ter aumentado mais com o uso do primeiro corretivo. Por outro lado, é de notar que o Physiolith se apresentava na forma granulada, verificando-se, em igualdade de outros fatores, uma menor velocidade de atuação, face aos restantes corretivos utilizados (em pó).

Em relação ao Physiolith, os resultados evidenciam que, pelo menos em termos de variação do pH, e comparativamente à testemunha, só existem efeitos significativos associados à sua dose mínima. Por sua vez, o calcário calcítico não apresentou diferenças estatísticas face à testemunha.

Em geral, relativamente a este parâmetro, à exceção do que se verificou com a aplicação de calcário magnesiano, os restantes resultados não estão de acordo com o que seria à partida expectável. Na verdade, a aplicação de corretivos alcalinizantes a um solo de reação “pouco ácida”, de onde também se destacam o calcário calcítico e o Physiolith, deveria traduzir-se num aumento de pH do mesmo.

No entanto, é de atentar que o solo em questão já tinha um valor de pH relativamente próximo da neutralidade (superior a 6,0), não sendo de esperar variações deste parâmetro na mesma ordem de grandeza das que se verificaram na vinha, onde o pH era bastante mais baixo (em cerca de uma unidade). De facto, a decomposição dos corretivos é tanto mais rápida quanto maior for a acidez do solo, isto é, a sua concentração em hidrogénios ( $H^+$ ), pelas razões já apontadas na secção 2.3.3.

As doses de corretivos utilizadas também eram reduzidas, sendo cerca de metade das que se usaram na vinha, não sendo de esperar diferenças tão acentuadas entre as modalidades. Ademais, o tempo reduzido entre a aplicação dos corretivos e a análise de terras, também terá contribuído para que o seu benefício não pudesse ser notado. Poderá ainda supor-se que o solo em questão, por apresentar um valor de CTC consideravelmente superior (aproximadamente uma ordem de grandeza) ao dos ensaios da vinha, tendo maior poder tampão, acaba por também não evidenciar diferenças de pH tão facilmente.

Ora, pelo facto de o solo em questão já ter um pH adequado e não se ter verificado variações estatísticas de pH com a aplicação dos corretivos (à exceção do calcário magnesiano), não seria igualmente de esperar a existência de tantas diferenças significativas ao nível das outras propriedades químicas do solo como na vinha.

Por último, é curioso de notar que nas modalidades de aplicação de gesso (E) e Physiolith na dose mínima (C), se obtiveram valores de pH significativamente mais baixos do que na testemunha (D). Acredita-se que tal se deverá à existência de eventuais heterogeneidades geológicas no interior do campo de ensaio, apesar de se ter tentado superar esta limitação com a casualização dos blocos experimentais, pelo que um maior número de repetições poderia clarificar este resultado.

#### ▪ **Condutividade elétrica (CE)**

No que se refere a este parâmetro, é possível observar que a modalidade com a média mais alta é a G (218  $\mu S/cm$ ). Esta foi a única modalidade em que se observaram diferenças significativas em relação à testemunha D (98,5  $\mu S/cm$ ).

De acordo com LQARS (2006), para valores de CE (no extrato 1:2) inferiores a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , não existem problemas de eventuais intolerâncias pelas culturas à salinidade do solo. Por tal motivo, neste caso de estudo, todas as modalidades estão associadas a “solos sem efeitos salinos” e, portanto, isentas de preocupação por parte do agricultor, ao nível deste parâmetro.

A CE é um indicador da quantidade de sais dissolvidos no solo. Embora esteja geralmente associada apenas aos cloretos e ao sódio, sabe-se que é afetada por todos os sais solúveis, nomeadamente nitratos, sulfatos e bicarbonatos (entre outros), bem como pelos respetivos catiões a estes associados (LQARS, 2006; Varennes, 2003).

Deste modo, compreende-se que a modalidade em que se obteve a média mais elevada corresponda àquela em que se utilizou gesso (sulfato de cálcio). Note-se que embora os carbonatos (quer de cálcio quer de magnésio) também sejam suscetíveis de aumentar o valor deste parâmetro, tal não será tanto de requear, em virtude de apresentarem uma solubilidade muito inferior à dos sulfatos.

Assim sendo, parece aconselhável tomar especial precaução na aplicação de gesso em solos com valores mais elevados de CE, sobretudo nos casos em que neles sejam instaladas culturas menos tolerantes à salinidade do solo.

Por último, ressalve-se que, à exceção do que se verificou para o pH e CE, por não existirem diferenças significativas nos restantes parâmetros analisados, optou-se por colocar os respetivos quadros de resultados em anexo – Anexos XVIII, XIX, XX, XXI e XXII.

## 4.2. Estado nutricional das plantas

Esta avaliação realizou-se a partir da colheita de plantas, seguida da respetiva análise laboratorial, tendo-se determinado os seguintes parâmetros: N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Cu, Zn, Mn e B. O tempo decorrido entre a aplicação dos corretivos minerais e a colheita de material vegetal, na cultura da vinha e do amendoim, foi de 75 e 88 dias, respetivamente.

### 4.2.1. Vinha

No Quadro 13 apresentam-se os resultados obtidos na análise de variâncias (ANOVA), na cultura da vinha, em termos dos parâmetros que caracterizaram o estado nutricional das plantas em estudo e o respetivo valor-p.

Quadro 13 - Resultados da ANOVA dos parâmetros do estado nutricional da cultura da vinha.

<b>Parâmetro</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
<b>Valor-p</b>	0,754	0,803	0,645	0,907	0,478	0,669
<b>Parâmetro</b>	<b>Na</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
<b>Valor-p</b>	0,449	0,879	0,851	0,651	0,710	0,631

**Legenda:** N - azoto; P - fósforo; K - potássio; Ca - cálcio; Mg - magnésio; S - enxofre; Na - sódio; Fe - ferro; Cu - cobre; Zn - zinco; Mn - manganês; B - boro.

Em termos dos parâmetros supracitados, os resultados evidenciam a não existência de diferenças significativas entre as modalidades, para qualquer um dos níveis de significância usualmente adotados. Assim, ao nível da nutrição vegetal, e nas condições em que decorreram os ensaios, não foi possível observar efeitos significativos associados à utilização de qualquer um dos corretivos minerais testados, o calcário calcítico e o Physiolith.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Khan et al. (2012), em uva de mesa (cv. *Perlette*), os quais não encontraram efeitos significativos associados a diversos tratamentos, à base de extratos de algas e aminoácidos, na composição foliar. Pelo contrário, El Moniem e Abd-Allah (2008) constataram que a aplicação foliar de extratos de algas em vinha (cv. *Superior*) resultava em variações dos teores foliares de azoto (16%), fósforo (-63%) e potássio (20%).

As diferenças observadas entre estudos não surpreendem, porém, se se considerar que para os respetivos resultados concorrem diversos fatores, de entre os quais se destacam: a cultivar; a espécie de alga; a eventual presença de outros bioestimulantes, além dos extratos de algas; as doses de bioestimulantes; e os seus método e época de aplicação.

Ressalva-se, porém, que poderá não ter decorrido tempo suficiente, entre a aplicação dos corretivos e a colheita de amostras para análise foliar, para que os potenciais efeitos benéficos a estes associados se pudessem evidenciar. Neste sentido, poderia ser interessante realizar uma análise foliar numa fase posterior, como por exemplo ao pintor, no caso da vinha, ou mesmo no ano seguinte, caso a cultura do amendoim se voltasse a instalar no mesmo local de ensaio.

De facto, autores como Norrie e Keathley (2006), apesar de não se referirem diretamente à composição foliar das vinhas estudadas, sugerem que são esperados aumentos mais pronunciados de produtividade, tamanho e peso do bago apenas ao fim de três anos de ensaios.

As médias obtidas, para o conjunto dos macro e micronutrientes da cultura da vinha, apresentam-se respetivamente no Quadro 14 e Quadro 15.

Quadro 14 - Médias dos teores foliares de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), expressos em g/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo.

Modalidade	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g/kg)					
A	7,7 a	6,9 a	23,8 a	10,7 a	6,1 a	1,7 a
B	6,9 a	6,2 a	21,7 a	10,6 a	6,1 a	1,7 a
C	7,4 a	6,0 a	21,0 a	10,4 a	5,5 a	1,5 a
D	8,6 a	6,8 a	22,9 a	10,7 a	7,0 a	1,7 a
E	7,7 a	6,3 a	17,1 a	9,9 a	5,9 a	1,6 a
DP	0,896	0,586	3,238	0,723	0,545	0,126
Valor-p	0,754	0,803	0,645	0,907	0,478	0,669

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.



Quadro 15 - Médias dos teores foliares de micronutrientes (Na, Fe, Cu, Zn, Mn e B), expressos em mg/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo.

Modalidade	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	(mg/kg ou ppm)					
A	<b>579,8 a</b>	29,4 a	<b>14,2 a</b>	78,3 a	<b>476,3 a</b>	30,8 a
B	555,5 a	30,1 a	12,1 a	85,7 a	406,6 a	30,6 a
C	528,6 a	28,8 a	12,5 a	75,5 a	384,0 a	28,4 a
D	577,1 a	<b>30,4 a</b>	12,9 a	<b>102,9 a</b>	474,9 a	<b>31,3 a</b>
F	596,5 a	27,0 a	12,5 a	82,8 a	418,1 a	27,4 a
DP	26,31	2,533	1,401	13,54	56,75	2,068
Valor-p	0,449	0,879	0,851	0,651	0,710	0,631

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

Apesar de não existirem diferenças significativas entre as modalidades de ensaio, é oportuno realizar uma breve avaliação do estado nutricional da vinha, através de uma comparação com os valores de referência para esta cultura, sugeridos por LQARS (2006) - Anexo XXIII.

Nesse sentido, observam-se teores foliares adequados nos seguintes parâmetros: Potássio, Ferro, Zinco e Boro; o Magnésio apresenta médias em torno do limite máximo recomendado (6,0 g/kg), pelo que também se considera aceitável. No entanto, registaram-se carências nutritivas em termos de Azoto, Cálcio e Cobre, sobretudo deste último. Em contraste, o Fósforo apresenta teores médios muito superiores ao limite máximo (4,0 g/kg). Por último, é de salientar que o Manganês apresenta teores muito altos, podendo representar uma situação de toxicidade na planta.

Os baixos teores de Azoto podem ser explicados pelas seguintes situações no solo: baixo teor de matéria orgânica (reduzida taxa de mineralização da mesma); elevada acidez (menor disponibilidade deste nutriente); e textura arenosa (mais intensa lixiviação). Os teores de Cálcio foliar podem explicar-se, como já referido, pelo “muito baixo” teor de Cálcio de troca no solo. Recomenda-se, pois, quer o enriquecimento do solo em matéria orgânica, quer a realização duma calagem.

O teor reduzido de Cobre é curioso, não só por se tratar de um elemento que muito raramente se encontra em deficiência no solo, mas também por o solo em estudo apresentar um pH bastante ácido. Ressalve-se, porém, que a vinha não é das culturas mais exigentes neste nutriente, por oposição, como exemplo, ao trigo, cevada e arroz (LQARS, 2006). Além disso, dado que é usual realizarem-se tratamentos fitossanitários à base de Cobre nas vinhas (e.g. contra o míldio), espera-se que tal deficiência se vá atenuando. Caso tal não se verifique, poderá ser recomendada uma aplicação de sulfato de cobre ou de quelatos (Santos, 2015).

O teor elevado de Fósforo foliar pode explicar-se pela presença de teores “altos” deste nutriente também no solo. Contudo, a absorção de Fósforo em quantidades superiores às necessárias, ressalvado um possível antagonismo iónico com o Zinco, e desde que não exceda o limiar de toxicidade (superior a 10-20 g/kg), não prejudica nem a quantidade nem a qualidade dos produtos (Varenes,

2003; Santos, 2015). Ainda assim, se for o caso, deverão suspender-se temporariamente as adubações à base de Fósforo, evitando-se custos desnecessários.

Por último, as médias dos teores de Manganês encontram-se próximas do limiar a partir do qual são prováveis as intoxicações vegetais (500 mg/kg) (Santos, 2015). Tal situação prende-se com a usual predominância de iões ácidos nos solos de baixo pH, destacando-se o alumínio e o manganês. Assim, também aqui se recomenda a prática de calagem, permitindo subir o pH e reduzir a disponibilidade deste micronutriente no solo.

#### 4.2.2. Amendoim

No Quadro 16 apresentam-se os resultados referentes às análises de variância (ANOVA), na cultura do amendoim, em relação aos parâmetros foliares em estudo.

Quadro 16 - Resultados da ANOVA dos parâmetros do estado nutricional da cultura do amendoim.

<b>Parâmetro</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
<b>Valor-p</b>	0,177	0,082	0,604	0,430	0,205	0,082
<b>Parâmetro</b>	<b>Na</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
<b>Valor-p</b>	0,033	0,090	0,082	0,060	0,123	0,526

Legenda: N - azoto; P - fósforo, K - potássio, Ca - cálcio, Mg - magnésio; S - enxofre; Na - sódio; Fe - ferro; Cu - cobre; Zn - zinco; Mn - manganês; B - boro.

A análise do Quadro 16 evidencia que apenas se observam diferenças significativas entre as modalidades de ensaio no caso do Sódio (Na), com um valor-p de 0,033 ( $< 0,05$ ).

Embora fora do valor definido para este estudo, é de notar que, considerando um nível de significância de 10%, outros cinco parâmetros passam a apresentar diferenças estatísticas: Fósforo (valor-p de 0,082), Enxofre (0,082), Ferro (0,090), Cobre (0,082) e Zinco (0,060).

Estes resultados levam a acreditar que, na eventualidade de se terem instalado os ensaios mais cedo, ou efetuado as análises foliares mais tarde, se teriam obtido diferenças mais notórias, e possivelmente significativas, entre as diversas modalidades.

As médias obtidas, para o conjunto dos macro e micronutrientes da cultura do amendoim, apresentam-se respetivamente no Quadro 17 e Quadro 18.

Quadro 17 - Médias dos teores foliares de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), expressos em g/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano.

Modalidade	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g/kg)					
A	28,4 a	1,7 a	17,4 a	10,8 a	4,0 a	2,1 a
B	29,6 a	1,8 a	17,6 a	11,1 a	4,0 a	2,1 a
C	<b>32,5 a</b>	1,8 a	19,2 a	11,4 a	4,4 a	<b>2,2 a</b>
D	25,9 a	1,8 a	17,2 a	11,0 a	4,0 a	2,1 a
F	26,6 a	1,8 a	<b>19,4 a</b>	11,8 a	<b>4,5 a</b>	<b>2,2 a</b>
G	29,5 a	<b>1,9 a</b>	18,3 a	<b>11,9 a</b>	<b>4,5 a</b>	2,1 a
DP	1,774	0,082	0,604	0,430	0,205	0,082
Valor-p	0,177	0,432	0,094	0,462	0,254	0,809

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

Quadro 18 - Médias dos teores foliares de micronutrientes (Na, Fe, Cu, Zn, Mn e B), expressos em mg/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano.

Modalidade	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	(mg/kg ou ppm)					
A	<b>109,8 a</b>	170,0 a	7,6 a	<b>35,7 a</b>	21,0 a	<b>22,4 a</b>
B	96,7 abc	159,2 a	8,1 a	26,4 a	22,7 a	19,4 a
C	99,6 ab	191,9 a	8,3 a	27,7 a	17,7 a	21,5 a
D	83,4 c	146,8 a	6,6 a	21,3 a	16,3 a	20,4 a
F	95,2 bc	176,8 a	<b>11,8 a</b>	25,2 a	17,9 a	<b>22,4 a</b>
G	96,8 abc	<b>240,4 a</b>	9,8 a	28,7 a	<b>22,8 a</b>	22,1 a
DP	4,659	21,40	1,171	2,885	1,933	1,317
Valor-p	0,033	0,090	0,082	0,060	0,123	0,526

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

#### ▪ Sódio (Na)

No que respeita ao Sódio, foi a modalidade A que apresentou a média mais elevada (0,110 mg/kg), embora seja apenas estatisticamente diferente das modalidades D (0,083 mg/kg) e F (0,095 mg/kg). Comparativamente à testemunha (D), a modalidade com a média mais baixa, apenas A e C são significativamente diferentes.

Entre as diferentes doses de Physiolith não existem diferenças estatísticas em termos de teores médios de Sódio foliares, embora pareça que a dose média é mais influente neste parâmetro. Note-se que uma tendência análoga se verificou na análise das propriedades químicas do solo da vinha, em que os potenciais benefícios do Physiolith só se notavam até à respetiva dose média.

Assim, caso o Sódio seja um elemento necessário a uma determinada cultura (no caso do amendoim não está demonstrado que o seja), em comparação com as restantes modalidades, parece ser preferível a aplicação da dose média de Physiolith, seguida da respetiva dose mínima.

É curioso notar que em termos de análises de terra não se detetaram diferenças significativas entre as modalidades, apesar de se registarem na análise nutricional. Tal leva a supor que a cultura do amendoim seja muito sensível à concentração de Sódio no solo, na medida em que pequenas variações dessa concentração (no solo), mesmo não sendo significativas entre modalidades, parecem ser capazes de originar diferenças que, ao nível foliar, já o são.

Na fase que se segue, à semelhança do que se fez para a vinha, considera-se oportuno realizar uma avaliação da adequabilidade dos teores foliares nos diversos nutrientes vegetais, por comparação com valores de referência, disponibilizados por Jones *et al.* (1991) – Anexo XXIV.

Nesse sentido, constata-se que, na cultura do amendoim, existia um maior número de situações de carências nutritivas, sobretudo associadas ao Fósforo e Manganês, mas também ao Azoto, Boro e Cálcio. Todos os restantes nutrientes encontram-se presentes nas concentrações adequadas.

É de atentar que, embora o Cálcio apresente valores muito próximos do limite inferior recomendado, a cultura do amendoim tem elevada sensibilidade às situações de carência deste nutriente, pelo que este aspeto não deverá ser descurado, podendo resolver-se totalmente através de uma calagem (neste caso de estudo acredita-se que não houve tempo suficiente para se notarem os seus benefícios).

Do mesmo modo, as deficiências em Boro também são particularmente gravosas nesta cultura, sendo aconselhável recorrer-se, por exemplo, à aplicação de borax (ao solo) ou do solubor (via foliar). Estas carências poderão estar associadas a uma relação Ca/B desfavorável à absorção de Boro e/ou ao baixo teor de matéria orgânica do solo – esta última, além de libertar Boro, também favorece a mobilização deste micronutriente a partir da fração mineral do solo, sendo posteriormente aproveitável pela planta (Santos, 2015).

O facto de a cultura apresentar teores insuficientes de Azoto foliar, tratando-se de uma leguminosa, pode explicar-se pelo facto de esta não ter sido corretamente inoculada. Na verdade, de acordo com o agricultor, aplicaram-se inoculantes em pó – quando, segundo Anco *et al.* (2017) e Monfort *et al.* (2018), os inoculantes líquidos são mais eficazes; por outro lado, a estirpe de rizóbio escolhida (desconhecida) poderá não ter sido a mais adequada à cultura em causa.

Os baixos teores de Fósforo foliar poderiam levar a pensar que a cultura precedente não teria sido bem gerida em termos de fertilização fosfatada. No entanto, a análise de terras revelou teores extraíveis deste nutriente “altos” (Anexo VII). Acredita-se, pois, que por se tratar de um solo de textura fina (facilmente compactado) não permitiu que o sistema radicular das plantas se desenvolvesse e explorasse convenientemente o solo. Por outro lado, sabe-se que, além do pH (que aqui é favorável), as baixas temperaturas e a falta de água (fatores que podem não ter sido devidamente atendidos) também reduzem o transporte e a absorção do Fósforo, podendo causar a sua deficiência (Varenes, 2003). Não obstante, os teores em questão encontram-se muito próximos do valor considerado adequado por outros autores (Bataglia, 1991; Malavolta *et al.*, 1997; citados em Borin, 2004), 2 g/kg, podendo assim considerar-se aceitáveis.

Por fim, em relação à deficiência em Manganês, tal poderá dever-se ao pH relativamente próximo da neutralidade, em que se começam mais frequentemente a notar carências de micronutrientes. Assim, em termos deste elemento mineral, não será aconselhável a utilização de corretivos alcalinizantes neste solo. Além disso, poderá recomendar-se uma pulverização foliar da cultura (mais eficaz) ou a aplicação do nutriente ao solo sob a forma de sulfato (LQARS, 2006).

### 4.3. Produtividade final

A última variável analisada foi a produtividade final. Entre a instalação dos ensaios e a colheita de frutos, para avaliação deste parâmetro, decorreram 195 e 154 dias, respetivamente nas culturas da vinha e do amendoim.

#### 4.3.1. Vinha

O Quadro 19 apresenta os resultados obtidos na ANOVA, em termos de médias de produtividade nas diferentes modalidades de ensaio, na cultura da vinha.

Quadro 19 - Médias de produtividade (kg/planta), em cada modalidade de ensaio, na cultura da vinha: A – Calcário calcítico; B – Testemunha; C – Physiolith máximo; D – Physiolith médio; E – Physiolith mínimo.

Modalidade	Produtividade (kg/videira)
A	1,15 a
B	1,77 a
C	1,52 a
D	<b>1,88 a</b>
E	0,76 a
DP	0,43
Valor-p	0,388

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

É possível observar que não existem diferenças significativas entre as diversas modalidades. Estes resultados contrastam com os que se obtiveram em diversos estudos envolvendo a utilização de produtos à base de extratos de algas, em que se observaram aumentos significativos de produtividade: El Moniem e Adh-Allah (2008) (aumento de 29%); Norrie e Kealthley (2008) (60,4%); Colapietra e Alexander (2006) (2,96 t/ha) e Norrie et al. (2002) (13 a 25%). De modo contrário, Carvalho e Castro (2014) referem que a maioria dos trabalhos que analisaram evidenciam que os extratos de algas apresentam pouco ou nenhum efeito sobre a produtividade.

De qualquer modo, os resultados aqui obtidos estão de acordo com os da análise do estado nutricional da cultura, onde também não se observaram diferenças estatísticas, no sentido em que, pelas leis do crescimento vegetal (Santos, 2015), maiores rendimentos só se alcançam à medida que todos os nutrientes essenciais/benéficos à planta se encontram nas quantidades e proporções adequadas.

Ora, se a aplicação de corretivos não se traduziu, no intervalo de tempo analisado, em melhorias ao nível da nutrição vegetal, continuando a existir deficiências em azoto e cálcio (e excesso de fósforo e manganês), não é surpreendente que se mantivessem os rendimentos indiferenciados entre as várias modalidades. Ressalve-se que, apesar dos corretivos em estudo veicularem quantidades apreciáveis (sobretudo) de cálcio ao solo, provavelmente não terá havido tempo suficiente para que fosse devidamente assimilado na planta, a ponto de se superar a sua deficiência nesta.

Ademais, é de referir que o excesso de calor durante a primeira semana de agosto, desencadeou fenómenos de escaldão notórios (Figura 15), estimando-se uma perda de produção avultada. Assim, muitas das videiras que haviam sido selecionadas para se avaliar esta variável, apresentaram uma perda parcial ou mesmo total de uvas. Em geral, as maiores perdas verificaram-se em videiras com menor índice de área foliar e, portanto, onde os cachos se encontravam mais expostos à radiação solar.



Figura 15 - Estado dos cachos de uvas, no dia de colheita (1-10-2018), devido a escaldão.

A situação acima descrita permite explicar o elevado desvio padrão associado a esta análise estatística e, conseqüentemente, a maior dificuldade em identificar a existência de possíveis diferenças estatísticas entre modalidades.

Não obstante, poderia esperar-se que o Physiolith, por ser um corretivo calcário à base de extratos de algas, além das já conhecidas vantagens associadas à correção da acidez do solo, se traduzisse não só num aumento do rendimento final da cultura (devido às aminopurinas, que promovem a divisão e crescimento celular, a síntese de proteínas e a taxa fotossintética – TIMAC, 2014), mas também da resistência a stresses abióticos, nomeadamente à radiação e calor intensos, na medida em que os extratos de algas contêm compostos que estimulam as defesas naturais das plantas (Mota, 2013; Carvalho & Castro, 2014).

Face aos resultados obtidos, o favorecimento, quer da produção quer da proteção contra stresses abióticos, não se verificou. Esta situação poderá dever-se aos seguintes fatores: não ter existido tempo suficiente para que o corretivo se dissolvesse e os seus componentes fossem absorvidos em quantidades apreciáveis pela planta e; os fracos teores de humificação, a lixiviação provavelmente



acentuada no solo, e a deficiência de cálcio na planta, limitaram a ação (ou mesmo a síntese) das aminopurinas.

#### 4.3.2. Amendoim

O Quadro 20 apresenta os resultados obtidos na ANOVA, em termos de médias de produtividade nas diferentes modalidades de ensaio, na cultura do amendoim.

Quadro 20 - Médias de produtividade (g/planta), em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano.

Modalidade	Produtividade (g/planta)
A	59,9 a
B	65,0 a
C	65,8 a
D	66,5 a
E	66,0 a
F	<b>69,6 a</b>
G	65,8 a
DP	8,1
Valor-p	0,992

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

À semelhança do que se verificou na vinha, constatou-se que não existiam diferenças significativas entre as modalidades, na cultura do amendoim. A aplicação de qualquer um dos corretivos não trouxe vantagens em termos de produtividade final; em particular, o gesso, corretivo calcário geralmente recomendado nesta cultura e aplicado ao solo na exploração agrícola em causa, nas presentes condições de ensaio, não representou uma mais-valia para a cultura.

Estes resultados diferem dos obtidos por Sridhar e Rengasamy (2010), que verificaram que a utilização de um fertilizante à base de algas permitia um acréscimo de 11% de produtividade, face à testemunha.

No entanto, os presentes resultados estão em concordância com os das análises de terras e foliares, na medida em que nessas análises praticamente não se detetaram os efeitos da aplicação dos corretivos em estudo. Ainda assim, por ter decorrido um período mais alargado entre a instalação dos ensaios e a colheita de frutos (face às amostragens de solo e plantas), poder-se-ia esperar observar diferenças significativas na produtividade.

Uma vez que tal não se verificou, poderá pensar-se que efetivamente as doses de corretivos aplicadas foram demasiado baixas e o tempo necessário para que ocorresse a sua completa dissolução e assimilação ao nível da planta será mais alargado do que aquele que foi possível considerar neste estudo.

## 5. CONCLUSÕES

Com esta dissertação pretendia-se estudar o efeito da aplicação de um corretivo calcário marinho com adição de extratos de algas – o Physiolith –, nas culturas do amendoim e da vinha, em termos de: propriedades químicas do solo, estado nutricional das plantas e produtividade final. Neste último capítulo é, pois, tempo de retomar as questões que nortearam esta investigação e elaborar uma súmula dos resultados obtidos.

### ▪ Propriedades químicas do solo

Em relação às propriedades químicas do solo, foi na vinha que se detetou o maior número de diferenças significativas entre as modalidades. Nesta cultura, em relação à testemunha, a aplicação de Physiolith ao solo traduziu-se em diferenças significativas benéficas em mais de um terço dos parâmetros analisados: pH, Cálcio de troca, Sódio de troca, AT, SBT, CTCe, Grau de saturação em Cálcio e GSB; as diferenças apenas foram negativas na Relação Ca/Mg, e para a dose máxima.

Em comparação com o calcário calcítico, o Physiolith originou médias estatisticamente mais vantajosas no Grau de saturação em Magnésio, Grau de saturação em Sódio (caso se trate de um elemento benéfico para a cultura) e Relação Ca/Mg; porém, as médias foram menos vantajosas no Cálcio de troca, AT, SBT, CTCe, Grau de saturação em Cálcio e Relação Ca/K. Estes resultados dever-se-ão sobretudo ao facto de o Physiolith, em contraste com o calcário calcítico, além de veicular uma menor quantidade de cálcio (menor valor neutralizante), conter também alguma quantidade de magnésio (1% MgO) e diversos micronutrientes (13 kg/t) na sua composição.

Relativamente às três dosagens de Physiolith, não se observaram diferenças estatísticas entre as doses máxima e média, à exceção do Sódio de troca (maior para a dose média); a dose mínima não resultou em benefícios significativos face à testemunha. Ora, para as condições de ensaio adotadas, pelo menos sob os pontos de vista agronómico e económico, parece ser preferível optar-se pela utilização da dose média deste corretivo.

No que se refere à cultura do amendoim, apenas o pH e a CE mostraram diferenças significativas entre as modalidades, destacando-se, com a média mais alta e única estatisticamente díspar da testemunha, respetivamente o calcário magnesiano (possivelmente por ter menor granulometria) e o gesso (por os sulfatos terem maior poder salinizante que os carbonatos). De facto, nem o Physiolith (qualquer dose), nem o gesso (à exceção da CE), mostraram influência ao nível das propriedades químicas em estudo.

### ▪ Estado nutricional das plantas

Quanto ao estado nutricional das plantas, apenas na cultura do amendoim, e para o teor foliar de Sódio, se detetaram diferenças significativas entre as modalidades. Em comparação com a testemunha, a modalidade com a média mais baixa, só as doses média e mínima de Physiolith foram estatisticamente diferentes dela. Tal pode explicar-se pelo facto de este corretivo veicular sódio, ao contrário dos carbonatos terrestres, o que pode ser uma vantagem em culturas beneficiadas por este elemento.



#### ▪ **Produtividade final**

Em relação à produtividade, nem na cultura da vinha, nem do amendoim, se observaram quaisquer diferenças estatísticas entre as modalidades de ensaio. Deste modo, constata-se que a aplicação de qualquer corretivo não permitiu alcançar aumentos significativos de produtividade final. Estes resultados estão em concordância com os obtidos na análise foliar, onde a aplicação de corretivos (em qualquer dose) não permitiu corrigir, nem a carência de alguns nutrientes, nem o excesso de outros. Ora, de acordo com as leis do crescimento vegetal, para o período analisado, não é surpreendente que não se tenham obtido produtividades maiores com a aplicação de tais corretivos. No caso particular da vinha, outros fatores, como o escaaldamento dos cachos de modo diferenciado nas videiras analisadas (associado a um aumento do desvio padrão), bem como o condicionamento da ação benéfica das aminopurinas pelas condições desfavoráveis do solo (textura arenosa e baixos teores de MO e cálcio), acredita-se que terão igualmente contribuído para a ausência de diferenças significativas entre as modalidades. Ademais, dada a vinha tratar-se de uma cultura relativamente rústica, adaptando-se bem a condições edafoclimáticas muito diferenciadas, poderá não ser tão sensível à aplicação de corretivos minerais como a generalidade das outras culturas agrícolas.

Em jeito de resumo, poderá dizer-se que o efeito do Physiolith se manifestou sobretudo ao nível das propriedades químicas do solo da cultura da vinha, e nas doses mais elevadas (1 e 2 t/ha). Estes resultados podem explicar-se pela existência de um desfaseamento temporal entre a variação dos parâmetros da composição química do solo e os foliares, devido ao período necessário à assimilação dos nutrientes do solo por parte da planta. Por outro lado, o menor efeito dos corretivos na cultura do amendoim, comparativamente à vinha, acredita-se que se deverá às menores doses destes aplicadas (metade) e aos maiores valores de CTC e de pH do solo (ambos em cerca de uma ordem de grandeza). Assim, a correção da acidez do solo, deverá ter em linha de conta, não só o tipo de corretivo e o tempo necessário à sua ação sobre todos os grupos de variáveis de interesse (solo, nutrição e produtividade), mas também as doses desses corretivos e as características dos solos em que serão aplicados.

Como limitações, acredita-se, pois, que os resultados obtidos nesta investigação, por se basear no estudo do efeito de corretivos calcários, se encontram condicionados pelos seguintes fatores:

- Decorrência de um período reduzido entre a instalação dos ensaios e as análises efetuadas;
- Aplicação de doses de corretivos relativamente baixas, sobretudo na cultura do amendoim;
- Existência de condições limitantes da ação das aminopurinas: baixos teores de humificação, deficiência de cálcio nas células vegetais e lixiviação potencialmente acentuada, especialmente na cultura da vinha;
- Condução do estudo em culturas potencialmente menos sensíveis às variações da composição química do solo, com destaque para a vinha.

Assim, em linhas de investigação futuras, recomenda-se a condução desta tipologia de ensaios tendo em consideração as limitações acima apontadas. Pretende-se, deste modo, recriar condições mais adequadas à ação dos diversos constituintes do Physiolith e, subsequentemente, à observação de outros potenciais efeitos benéficos que aqui não se expressaram.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, F. L. (2008). *Efeito de bioestimulante sobre a produtividade e qualidade fisiológica de dois cultivares de feijão cultivados no inverno*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira.
- AEMET & IPMA (2011). *Atlas climático Ibérico – temperatura do ar e precipitação (1971 – 2000)*. Consultado em 4 de fevereiro de 2018, em AEMET & IPMA: [http://www.ipma.pt/resources.www/docs\\_pontuais/ocorrencias/2011/atlas\\_clima\\_iberico.pdf](http://www.ipma.pt/resources.www/docs_pontuais/ocorrencias/2011/atlas_clima_iberico.pdf).
- Afonso, J. (2006). O ciclo da videira. *Revista Adega*, 6.
- Afonso, J. (2014). *Entender de vinho* (4.<sup>a</sup> ed.). Lisboa: A Esfera dos Livros.
- Afonso, J. (2015). *Curso de vinhos para verdadeiros apreciadores* (3.<sup>a</sup> ed.). Lisboa: A Esfera dos Livros.
- Alcarde, J. C. (1992). *Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas* (boletim técnico n.º 6). São Paulo: ANDA – Associação Nacional Para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas.
- Alves, J. A. (1986). *Fertilidade de alguns solos e problemas dela decorrentes* (pp. 82). Lisboa: INIA.
- Anco, D., Chapin, J., Marshall, M., Thomas, J., & Smith, N. (2017). *Peanut money-maker – 2017 production guide*. Consultado em 8 de abril de 2018, em The Clemson University Cooperative Extension Service: <https://www.clemson.edu/extension/agronomy/peanut17/peanut%20moneymaker.pdf>.
- Andrade, A. (2010). *Aspetos técnicos de viticultura baseados na casta Baga*. Lisboa: Âncora Editora.
- Anónimo (1981). *Agricultural Compendium for Rural Development in Tropics and Subtropics* (pp. 585). ILACO, Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Anónimo (2002). *The Tropical Agriculturist*. London and Oxford: Macmillan Education Ltd.
- Anónimo (2017). *Os amendoins que costuma comer podem muito bem ser portugueses*. Consultado em 2 de fevereiro de 2018, em Voz Do Campo (revista do setor agrário): <http://vozdocampo.pt/2017/07/10/os-amendoins-costuma-comer-podem-bem-portugueses/>.
- Araújo, D., Rocha, T., Vasconcelos, M. & Carvalho, S. M. P. (2018). Efeitos de um bioestimulante à base de extratos de algas na produtividade e qualidade físico-química de mirtilo. *Agrotec*, 26, 34-37.
- Augstburger, F., Berger, J., Censkowsky, U., Heid, P., Milz, J. & Streit, C. (2000). Organic Peanut Cultivation. In F. Augstburger, J. Berger, U. Censkowsky, J. M. Petra Heid & C. Streit, *Organic farming in the tropics and subtropics*. Germany: Naturaland e.V.

- Azevedo, L. A. S. (2017). Algas podem melhorar a eficiência dos fungicidas. *Agro Rural News – Revista Campo e Negócios*.
- Aziz, A., Gauthier, A., Bézier, A., Ponissot, B., Joubert, J-M, Pugin, A., et al (2007). Elicitor and resistance-inducing activities of  $\beta$ -1,4 cello-dextrins in grapevine, comparison with  $\beta$ -1,3 glucans and  $\alpha$ -1,4 oligogalacturonides. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, Vol. 58, n.º 6, 1463-1472.
- Backes, C., Bôas, R., Santos, A., Ribon, A. & Bardivieso, D. (2017). Aplicação foliar de extrato de alga na cultura da batata. *Revista de Agricultura Neotropical*, Vol. 4, n.º 4, 53-57.
- Bataglia, O. (1991). *Análise química de plantas* (pp. 289-308). In: Ferreira, M., Cruz, M. (Eds.) In: Simpósio sobre micronutrientes na agricultura, 1988, Jaboticabal. Piracicaba: POTAFOS/CNPQ.
- Bolonhezi, D., Godoy, I. J. & Santos, R. C. (2005). *Manejo cultural do amendoim – O agronegócio do amendoim no Brasil* (pp. 193-244). Campina Grande: Embrapa Algodão.
- Borin, A. (2014). *Sistema de produção de amendoim – fertilidade do solo e nutrição*. Consultado em 3 de março de 2018, em Embrapa: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=3803&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicId=3450](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3803&p_r_p_-996514994_topicId=3450).
- Capela, R. (2013). *Efeito de um extrato de algas nas atividades da nitrato-redutase e da glutamina-sintetase em oliveira (Olea europaea L.) 'Galega vulgar' e 'Cobrançosa'*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Agrônoma, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Carvalho, M. & Castro, P. (2014). *Extratos de algas e suas aplicações na agricultura*. Piracicaba, São Paulo: ESALQ /USP – Divisão de Biblioteca.
- CEN (2001). *EN 13650 – Soil Improvers and growing media – Extraction of aqua regia soluble elements*. European Committee for Standardization, Brussels.
- Climate-data (s.d.a). *Dados climáticos de Coruche*. Consultado em 8 de julho de 2018, em: <https://pt.climate-data.org/location/7093/>.
- Climate-data (s.d.b). *Dados climáticos de Pegões*. Consultado em 8 de julho de 2018, em: <https://pt.climate-data.org/location/704044/>.
- Colapietra, M. & Alexander, A. (2006). Effect of foliar fertilization on yield and quality of table grapes. *Acta. Hort.* 721.
- Coombe, B.G. & Dry, P.R. (2004). *Viticulture – Practices* (2.º Vol., 384 pp). Adelaide: Winetitles.

- Csinzinszky, A.A. (1990). Response of two bell peppers (*Capsicum annum* L.) cultivars to foliar and soil-applied biostimulants. *Soil Science Society of Proceedings*, n.º 49, 199-203.
- Dapper, T., Pujarra, S., Oliveira, A., Oliveira, F. & Paulert, R. (2014). Potencialidades das macroalgas marinhas na agricultura: revisão. *Revista em agronegócios e meio ambiente*, Vol.7, n.º 2, 295-313.
- Duarte, A. (2008). Amendoim – a “noz subterrânea”. Cultivo em Alzejur. *Al-Rihana, revista cultural do município de Alzejur*, 4, 23-41.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196, 3-14.
- EBIC – European Bioestimulants Industry Council (2013). Consultado em 27 de abril de 2018, em EBIC: [http://www.biostimulants.eu/wp-content/uploads/2013/04/Biostimulant\\_economics\\_17April2013.pdf](http://www.biostimulants.eu/wp-content/uploads/2013/04/Biostimulant_economics_17April2013.pdf).
- El Moniem, E. & Abd-Allah, A. (2008). Effect of green alga cells extract as foliar spray on vegetative growth, yield and berries quality of superior grapevines. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4 (4), 427-433.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *FAOSTAT database results - 2016*. Consultado em 7 de abril de 2018, em FAO: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- Fernandes, A. L. T. & Silva, R. O. (2011). Avaliação do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro irrigado por gotejamento e cultivado em condições de cerrado. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, Vol. 7, n.º 13, 147-157.
- Freire, E. (2017). *Amendoim pode entrar na rotação com outras culturas*. Consultado em 2 de março de 2018, em Vida Rural (revista profissional de agronegócios): <http://www.vidarural.pt/producao/amendoim-pode-entrar-na-rotacao-outras-culturas/>.
- Frulact S.A., FCUP, CBQF/ESB (2018). Strawberry+: novas abordagens para impulsionar a qualidade do morango desde o campo até à indústria. *Agrotec* 26, 44-45.
- Galindo, F., Nogueira, L., Bellote, M., Gazola, R., Alves, C. & Filho, M. (2015). Desempenho agronómico de milho em função da aplicação de bioestimulantes à base de extrato de algas. *Tecnol. & Ciên. Agropec*, 9(1), 13-19.
- García, G. & Blaya, S. (2000). *Química agrícola*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Garcia, K., Cillas, S., Cunha, C., Nascimento, C. & Tosta, M. (2014). Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) no desenvolvimento de porta-enxertos de cajueiro. *Enciclopédia Biosfera*, Vol. 10, n.º 18.

- Garcia, C. (2015). *Efeito da aplicação de diferentes doses de um extrato de algas em oliveiras 'Arbequina' e 'Cobrançosa'*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Garrido, A. (2018). *As pescas em Portugal* (pp.148). Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Grichar, J., Black, M., Woodward, D., Trostle, C., Russel, S., Crumley, C., et al. (s.d.). *Texas peanut production guide*. Consultado em 9 de abril de 2018, em The Texas A&M University System: <http://texaspeanutboard.com/wp-content/uploads/peanutproductionguide.pdf>.
- Guerra, A. (2018). O papel das algas na nutrição das culturas. *Agrotec* 26, 42-43.
- Herrera, R., Ruvalcaba, F., Lopez, M., Norrie, J., Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*, 26, 619-628.
- Horneck, D. A. & Miller, R. O. (1998). *Determination of total nitrogen in plant tissue*. In Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. Y. P. Kalra (ed.) pp. 75-83 CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Houba, V. J. G., van der Lee, J. J., Novozamsky, I. & Walling, I. (1989). *Soil and Plant Analysis* (Part 5, Soil Analysis Procedures). Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- IVV – Instituto da Vinha e do Vinho (2018). *A vinha e o vinho em Portugal*. Consultado em 11 de maio de 2018, em IVV: <http://www.ivv.gov.pt/np4/47/>.
- Jiménez, E., Dorta, F., Medina, C., Ramírez, A., Ramírez, I. & Peña-Cortés, H. (2001). Anti-phytopathogenic activities of macro-algae extracts. *Marine Drugs*, Basel, Vol. 9, 739-756.
- Johnson, W. C. (1987). Soil fertility. In W.C. Johnson, J. P. Beasley, S. S. Thompson, H. Womack, C. W. Swann & L.E. Samples, *Georgia peanut production guide*. Georgia: Cooperative Extension Service, University of Georgia.
- Jones, Jr., Benton, J., Wolf, B. & Mills, H. (1991). *Plant Analysis Handbook*. United States of America.
- Kaseker J.F., Bastos M.C., Consalter R. & Mógor A.F. (2014). Change in growth and nutrient content in carrots with the use of biofertilizer. *Revista Ceres*, Vol. 61, 964-969.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., Hodges, D. et al. (2009). Seaweed extracts as bioestimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386-399.
- Khan, A., Ahmad, B., Jaskani, Muhammad, Ahmad, R. & Malik, A. (2012). Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physico-chemical properties of grapes. *International Journal of Agriculture & Biology*, 14, 383-388.

- Koyama, R., Bettoni, M., Roder, C., Assis, A., Roberto, S. & Mógor, Á. (2012). Extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis no desenvolvimento vegetativo e na produção do tomateiro. *Revista de Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, Vol. 55, n.º 4, 282-287.
- Kumar, G. & Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extracts on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology*, 23, 251-255.
- Libera, A. (2010). *Efeito de bioestimulantes em caracteres fisiológicos e de importância agronômica em milho (Zea mays L.)*. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Agronomia. Departamento de Estudos Agronômicos da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Limberger, P. & Gheller, J. (2012). Efeito da aplicação foliar de extratos de algas, aminoácidos e nutrientes via foliar na produtividade e qualidade de alface crespa. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, Vol. 1, 148-161.
- Lopes, J. (2011). *Polinização em oliveira cvs. Galega e Cobrançosa: avaliação do vingamento em ensaios de polinização controlada e do efeito da aplicação de um bioestimulante*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Agronômica, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- LQARS (2006). *Manual de fertilização das culturas*. Lisboa: INIAP – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva – LQARS.
- Malavolta, E., Vitti, G. & Oliveira, S. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações* (Ed. 2, pp. 319). Piracicaba, Brasil: POTAFOS.
- Marafon, F. & Simonetti, A. (2016). Formas de aplicação e dosagens do extrato de algas na cultura da soja. *Congresso Técnico e Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC'2016*.
- McHugh, D. J. (2003). *Guide to the seaweed industry*. FAO Fisheries Technical Paper n.º 441.
- Melo, P. & Neto, A. (2003). Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, 27(3), 508-519.
- Monfort, S., Kemerait, B., Tubbs, S., Harris, G., Prostko, E., Smith, A., et al. (2018). *UGA peanut production – quick reference guide*. Consultado em 9 de abril de 2018, em The Cooperative Extension Service, University of Georgia: [http://www.gapeanuts.com/growerinfo/2018\\_ugapeanutguide.pdf](http://www.gapeanuts.com/growerinfo/2018_ugapeanutguide.pdf).
- Mota, M. & Lopes, J. (2012). Resultados preliminares do efeito da aplicação de um extrato de algas em oliveiras 'Cobrançosa' e 'Galega'. *Atas Portuguesas de Horticultura*, 21, 139-147.
- Mota, M. (2013). *Utilização de extratos de algas como suplemento nutritivo em fruticultura*. Consultado em 14 de abril de 2018, em Agronegócios: <http://www.agronegocios.eu/noticias/utilizacao-de-extratos-de-algas-como-suplemento-nutritivo-em-fruticultura/>.

- Mukhtar, A. A., Babaji, B. A., Ibrahim S., Mani, H., Mohammad, A. A., & Ibrahim, A. (2013). Dry matter production and harvest index of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties under irrigation. *Journal of Agricultural Science*, 5, 8.
- Nair, P., Kandasamy, S., Zhang, J., Kirby, C., Benkel, B., Hodges, M. D. et al. (2011). Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *BMC Genomics, London*, 13.
- Norrie, J., Branson, T. & Keathley, P. E. (2002). Marine plant extracts impact on grape yield and quality. *Acta. Hort.*
- Norrie, J. & Keathley, J. P (2006). Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to “Thompson Seedless” grape production. *Acta. Hort.* 727.
- Novello, V. (2006). Climat, sol, qualité et typicité du raisins et du vin dans plusieurs zones ou terroirs. *Prog. Agr. Vitic.* 123.ème année, 17, 317-324.
- OIV – International Organization of Vine and Wine (2017). *OIV statistical report on world vitiviniculture*. Consultado em 9 de maio de 2018, em OIV: <http://www.oiv.int/en/oiv-life/oiv-2017-report-on-the-world-vitivinicultural-situation>.
- Oliveira, I. (2011). *Técnicas de regadio* (2.º Vol., 2.ª Ed.). Edição de autor.
- Olmix Group (2018). Olmix: solução à base de algas para lutar contra o stress hídrico da vinha. *Agrotec* 26, 46-47.
- Pacheco, C. et al. (1993). *Interpretative indices leaf analysis in vineyards of the portuguese region of Bairrada*. In: Optimization of Plant Nutrition. M. A. C. Fragoso and M. L. Beusichem (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, pp. 43-47.
- Paquete, I. (2012). *A cultura do amendoim, Arachis Hypogaea L., na região do Ribatejo. Estudo preliminar*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Pereira, L. (2010). *Algas – os seus usos na agricultura, indústria e alimentação*. Câmara Municipal de Viana do Castelo.
- Pinto, C. M., Távora, F. J., Bezerra, M. A. & Corrêa, M.C. (2008). Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. *Revista Ciência Agronômica*, Vol. 39, n.º 3, 429-436.
- Pise, N. M. & Sabale, A.B. (2010). Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of *trigonella foenum-graecum* L. *Journal of Phytology*.
- Póvoas, I. & Barral, M., F. (1992). *Métodos de análise de solos*. Comunicações (Portugal). Séries: Ciências Agrárias, n.º 10.

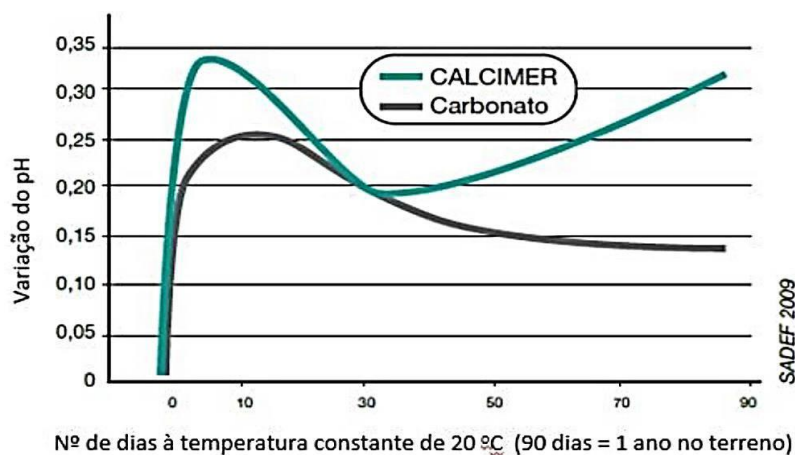
- Ramos, M., Araújo, G., Sousa, N., Vega, A. & Castro, P. (2018). A aplicação de inóculos microbianos em *Quercus suber* L. em viveiros florestais distintos. *Agrotec* 26, 38-41.
- Rathore, S.S. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*, Vol. 5, 351-355.
- Rayorath, P., Jithesh, M. N., Khan, W., Palanisamy, R.; Hankins, S. D., Critchley, A. T. et al. (2008). Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Journal of Applied Phycology*, Vol. 20, 423-429.
- Reynier, A. (2004). *Manual de viticultura* (3.<sup>a</sup> ed.). Mem Martins: Publicações Europa-América.
- Ribeiro, H. (2016). Slides das aulas do capítulo “*Fertilização racional da vinha*”, da disciplina de Viticultura, ano letivo 2016/2017. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.
- Santos, J. (2015). *Fertilização – Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos*. Porto: Publindústria, Edições técnicas.
- Silva, J. F., Pinheiro, R. F., Amaro, A. L., Pereira, M. J., Roriz, M., Aguiar, A., et al. (2014). Otimização da aplicação de um bioestimulante para o aumento da produtividade e da qualidade do morango. *Actas Portuguesas de Horticultura* 23, 380-388.
- Silva, C., Arrais, Í., Almeida, J., Dantas, L., Francisco, S. O. & Mendonça, V. (2015). Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. *Revista de Ciências Agrárias*, 39 (2), 234-241.
- Silva, L. (2015). *Avaliação do potencial dos extratos de algas marinhas Sargassum muticum e Ascophyllum nodosum (Phaeophyceae) como fertilizante agrícola*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Agronómica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Silva, C., Arrais, Í., Almeida, J., Dantas, L., Francisco, S. & Mendonça, V. (2016). Extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (L.) na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(2), 234-241.
- Smart, R. E., Robinson, J., Due, G. & Brien, C. (1985). Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. I. Definition of canopy microclimate. *Vitis*, 24, 17-31.
- Soveral, L. (2014). *Fatores que afetam o vingamento em oliveira (Olea europaea L.) cv. Tosca: efeito da polinização cruzada e da aplicação de um extrato de algas*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Sridhar, S. & Rengasamy, R. (2010). Significance of seaweed liquid fertilizers for minimizing chemical fertilizers and improving yield of *Arachis hypogaea* under field trial. *Recent Research in Science and Technology*, 2 (5), 73-80.



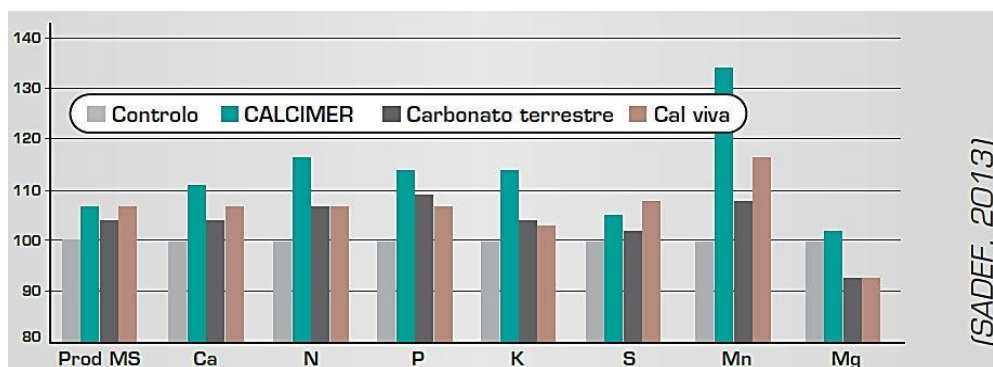
- Taiz, L & Zeiger, E. (2009). *Fisiologia vegetal* (pp. 819). Porto Alegre: Artmed.
- Teixeira, N. T. (2015). Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* como bioestimulante. *Revista Campo e Negócios*.
- Thirumaran G, Arumugam M., Arumugam R. & Anantharaman P. (2009). Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus* (l) medikus. *American-Eurasian Journal of Agronomy* 2 (2), 57-66.
- TIMAC (2014). *Physiolith: informação técnica*. Lisboa.
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S. & Maggio, A. (2017). The role of bioestimulants and bioeffectors as alleviators of abiot stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4 (1), 5.
- Varennnes, A. (2003). *Produtividade dos solos e ambiente*. Lisboa: Escolar Editora.
- Veloso, A. et al. (1998). *Mineral nutrition, productivity and must quality of "Alvarinho" vineyards*. In: Actas "XXIII Congr s Mondial de la Vigne et du Vin". OIV (Eds.). Vol. I, pp. 64-69.
- Veloso, A. Et al. (1999). *Fertilidade do solo e nutri o mineral de vinhas da casta Avesso*. In: A Investiga o do solo em Portugal (1996-1998). Vila Real, 28-30, junho 1999.
- Veritas (2018). *Wine regions and isotherms*. Consultado em 21 de abril de 2018, em Veritas Vineyard & Winery: <http://www.veritaswines.com/2018/03/07/winter-2018-newsletter/6-wine-regions-and-isotherms/>.
- Vijayanand N., Ramya S.S. & Rathinavel S. (2014). Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 3 (2), 150-155.
- ViniPortugal (2018). *Estat sticas*. Consultado em 20 de abril de 2018, em ViniPortugal: <https://www.viniportugal.pt/Estatisticas>.
- Waele, D. d., & Swanevelder, C. J. (2001). Groundnut – *Arachis hypogaea* L. In R. Raemaekers, *Crop Production in Tropical Africa*. Bruxelas: DGIC – Directorate General for International Co-operation.
- Wang, M. & Carvalho, S. (2018). Bioestimulantes na agricultura: categorias, legisla o, oportunidades e desafios. *Agrotec* 26, 30-33.

## ANEXOS

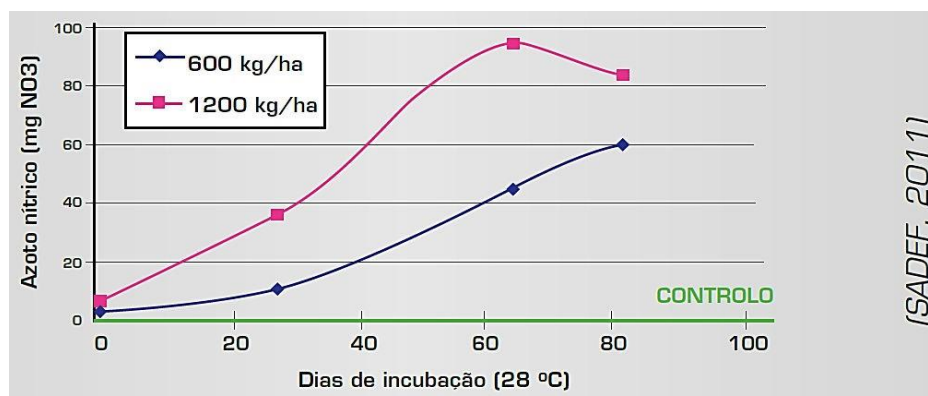
**Anexo I** – Evolução do pH de um solo em função de dois corretivos: Calcimer e Carbonato. Fonte: TIMAC (2014).



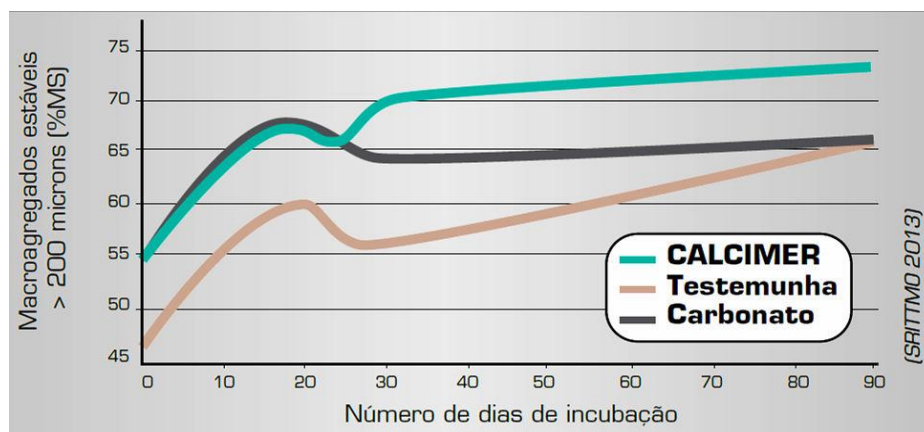
**Anexo II** – Biodisponibilidade de alguns nutrientes, na cultura do azevém, em função do corretivo alcalinizante: Calcimer, carbonato de cálcio terrestre e cal viva (controle = base 100 = solo sem corretivo). Fonte: TIMAC (2014).



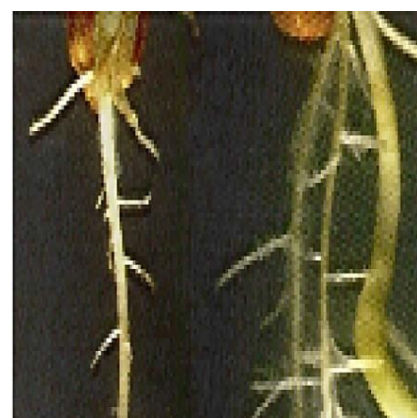
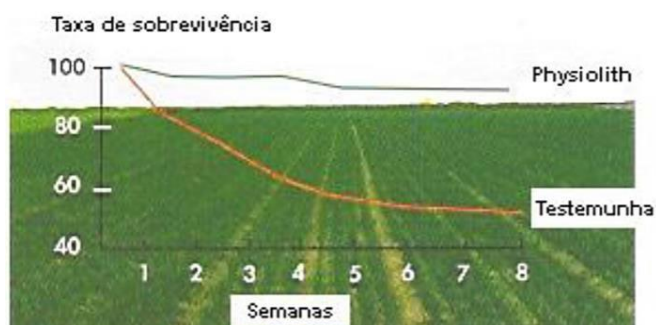
**Anexo III** – Evolução do teor de azoto nítrico mineralizado em função da dose de Calcimer aplicada (600 e 1200 Kg/ha), em relação ao controle (sem aplicação). Fonte: TIMAC (2014).



**Anexo IV** – Evolução dos macroagregados estáveis, superiores a 200 microns (%MS), em função do corretivo alcalinizante (Calcimer e Carbonato), em relação à testemunha. Fonte: TIMAC (2014).

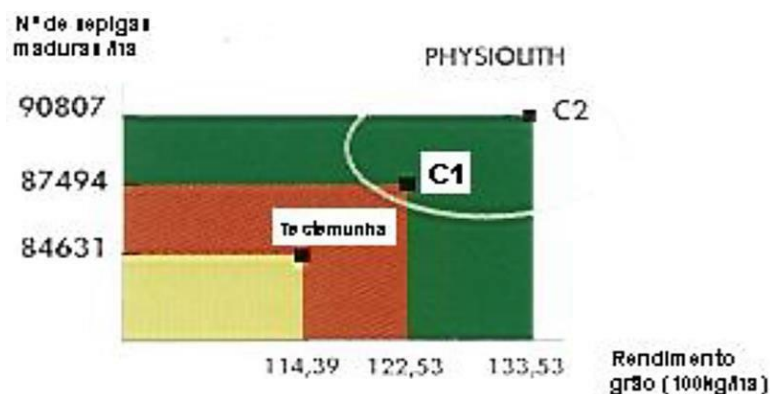


**Anexo V** – Evolução da taxa de sobrevivência na cultura do milho (à esquerda) e respectivo desenvolvimento radicular (à direita), com e sem aplicação de Physiolith. Fonte: TIMAC (2014).



Testemunha Physiolith

**Anexo VI** – Número de espigas maduras e rendimento em grão (milho) por hectare, em três modalidades distintas (a testemunha e duas doses de Physiolith). Fonte: TIMAC (2014).



**Anexo VII – Boletim de análises de terra do campo de ensaio da cultura do amendoim.**



**Boletim nº 0234 / 2018**

**Departamento Ciências e Engenharia de Biosistemas  
- Química e Ambiente -**

Cliente:  Data de entrada:   
 Código do cliente:  Data de saída:   
 Tipo de amostra:  Cultura:

Parâmetro	Resultado	Observações
Textura de campo		Fina
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)	6,3	Pouco ácida
Fósforo extraível (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (mg/kg)	170	Alto (Índice de fertilidade 6)
Potássio extraível (K <sub>2</sub> O) (mg/kg)	145	Alto (Índice de fertilidade 5)
Cálcio extraível (Ca) (mg/kg)	960	Baixo
Magnésio extraível (Mg) (mg/kg)	163	Muito alto (Índice de fertilidade 5)
Matéria orgânica (%)	1,28	Baixo
Condutividade elétrica (1:2) (mS/cm)	0,08	Não salino
Calcário total (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	<0,5	Não calcário
Acidez de troca (cmol(+)/kg)	0,12	
Sódio (bases de troca) (Na) (cmol(+)/kg)	0,12	Baixo
Potássio (bases de troca) (K) (cmol(+)/kg)	0,31	Médio
Cálcio (bases de troca) (Ca) (cmol(+)/kg)	4,79	Baixo
Magnésio (bases de troca) (Mg) (cmol(+)/kg)	1,34	Médio
Soma das bases de troca (cmol(+)/kg)	6,56	
CTC efetiva (cmol(+)/kg)	6,68	Baixa
Grau de saturação em bases (%)	98,2	Muito alta
Grau de saturação em Ca <sup>2+</sup> (%)	71,7	Médio
Grau de saturação em K <sup>+</sup> (%)	4,6	Médio
Grau de saturação em Mg <sup>2+</sup> (%)	20,1	Alto
Grau de saturação em Na <sup>+</sup> (ESP) (%)	1,8	Baixo, não limitante
Relação Ca troca / Mg troca	3,6	Adequado
Relação K troca / Mg troca	0,2	Adequado
Ferro extraível (Fe) (mg/kg)	307,9	Muito alto
Cobre extraível (Cu) (mg/kg)	11,8	Alto
Zinco extraível (Zn) (mg/kg)	1,2	Baixo
Manganês extraível (Mn) (mg/kg)	21,8	Médio
Boro extraível (B) (mg/kg)	0,31	Baixo
Necessidade em cal (ton CaCO <sub>3</sub> /ha)	1,5	Para elevar o pH (H <sub>2</sub> O) até 6,5. Ajustar em função da cultura.

**Anexo VIII – Boletim de análises de terra do campo de ensaio da cultura da vinha.**



**Boletim nº 0156 / 2018**

**Departamento Ciências e Engenharia de Biosistemas**

**- Química e Ambiente -**

Cliente: Vitas Portugal, Lda  
 Código do cliente: Ermelinda Freitas / Vitas - B2  
 Tipo de amostra: Solo  
 Data de entrada: 16/03/2018  
 Data de saída: 26/03/2018  
 Cultura: Vinha

Parâmetro	Resultado	Observações
Textura de campo	Arenosa	Grosseira
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)	5,1	Ácida
Fósforo extraível (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (mg/kg)	159	Alto (Índice de fertilidade 6)
Potássio extraível (K <sub>2</sub> O) (mg/kg)	24	Muito baixo (Índice de fertilidade 1)
Cálcio extraível (Ca) (mg/kg)	45	Muito baixo
Magnésio extraível (Mg) (mg/kg)	7	Muito baixo (Índice de fertilidade 1)
Matéria orgânica (%)	0,60	Muito baixo
Condutividade elétrica (1:2) (mS/cm)	0,02	Não salino
Calcário total (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	<0,5	Não calcário
Acidez de troca (cmol(+)/kg)	0,58	
Sódio (bases de troca) (Na) (cmol(+)/kg)	0,02	Muito baixo
Potássio (bases de troca) (K) (cmol(+)/kg)	0,05	Muito baixo
Cálcio (bases de troca) (Ca) (cmol(+)/kg)	0,22	Muito baixo
Magnésio (bases de troca) (Mg) (cmol(+)/kg)	0,06	Muito baixo
Soma das bases de troca (cmol(+)/kg)	0,35	
CTC efetiva (cmol(+)/kg)	0,93	Muito baixa
Grau de saturação em bases (%)	37,6	Baixa
Grau de saturação em Ca <sup>2+</sup> (%)	23,7	Baixo
Grau de saturação em K <sup>+</sup> (%)	5,4	Alto
Grau de saturação em Mg <sup>2+</sup> (%)	6,5	Alto
Grau de saturação em Na <sup>+</sup> (ESP) (%)	2,2	Baixo, não limitante
Relação Ca troca / Mg troca	3,7	Adequado
Relação K troca / Mg troca	0,8	Alto, predominio do K sobre o Mg
Ferro extraível (Fe) (mg/kg)	18,2	Baixo
Cobre extraível (Cu) (mg/kg)	1,3	Médio
Zinco extraível (Zn) (mg/kg)	0,6	Muito baixo
Manganês extraível (Mn) (mg/kg)	0,7	Muito baixo
Boro extraível (B) (mg/kg)	0,15	Muito baixo
Necessidade em cal (vinha) (ton CaCO <sub>3</sub> /ha)	1	Para elevar o pH (H <sub>2</sub> O) até 6,0

## Anexo IX – Ficha técnica de produto: Physiolith.



FICHA TÉCNICA DE PRODUTO	Página: 1 / 1
	Edição revista nº 5
	Data: 05 Fevereiro 2015
	Substitui: 01 Julho 2014
PHYSIOLITH granulado	

### Classificação

Adubo CE – Corretivo alcalinizante  
Calcário marinho – qualidade standard

### Composição

- 36% óxido de cálcio (CaO) na forma de carbonato – 64% carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>)
- 1% óxido de magnésio (MgO) na forma de carbonato – 2% carbonato de magnésio (MgCO<sub>3</sub>)
- 32 micronutrientes

**Especificidades:** Calcimer® (calcário marinho homologado) e Complexo Physio+ (extracto de aminopurinas obtido de algas pardas que actuam em conjunto com o cálcio).

O PHYSIOLITH é utilizável em Agricultura Biológica de acordo com os Regulamentos CE nº 834/2007 e CE nº 889/2008, em particular o Anexo I deste último.

### Modo de acção e utilização

Correctivo mineral de origem marinha utilizado em solos ácidos e neutros, que garante: correcção rápida e duradoura do pH e reposição de macronutrientes (cálcio e magnésio) e micronutrientes, ao nível do solo. Devido ao complexo Physio+ tem também um efeito de estimulação de importantes processos fisiológicos das plantas.

Dose de utilização: ¼ da dose do calcário tradicional (em kg/ha)

PHYSIOLITH : ¼ da dose de calcário tradicional !								
pH		Matéria Orgânica (%)						classes de textura
KCl	H <sub>2</sub> O	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5	
< 4	< 4,5	1.000	1.650	2.250	2.850	3.500	4.000	I
		1.250	1.850	2.500	3.150	3.750	4.500	II
4,1 - 4,3	4,6 - 5,0	750	1.250	1.750	2.250	2.750	3.000	I
		1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	II
4,4 - 4,7	5,1 - 5,5	500	875	1.250	1.625	2.000	2.250	I
		750	1.125	1.500	1.875	2.250	2.500	II
4,8 - 5,1	5,6 - 6,0	250	500	750	1.000	1.250	1.500	I
		500	750	1.000	1.250	1.500	1.750	II
5,2 - 5,5	6,1 - 6,5	125	250	375	500	625	750	I
		250	375	500	625	750	1.000	II

Classe I - solos ligeiros (arenosos)

Classe II - solos médios (francos) e pesados

### Características

Apresentação: Granulado  
Granulometria = 2 a 6 mm  
Densidade = 1,3 +/- 0,05  
Grau de moenda antes da granulação: 95% passa no crivo de 0,160 mm, 70% passa no crivo de 0,063mm e 50% passa no crivo de 0,038 mm  
VN (valor neutralizante Reg. UE 463-2013): 37  
VN (valor neutralizante norma portuguesa NP 1048-2): 67

### Acondicionamento

Saco de 25 kg e bigbag de 600 kg.

#### Comercializado por:

Vítas Portugal, Lda. • R. Hernano Neves, 18, Piso 4 – escritório 10 • 1600-477 Lisboa • Tel. : 217502050 • Fax: 217502063 • E-mail: geral@vitas.pt



# Lusical



## Características do Produto

- Carbonato de Cálcio
- Granulometria 0-2 mm
- Apresentação do Produto: Granel, sacos de 40 kg e Big Bag de 500 ou 1000 kg, os sacos são de rafia impermeabilizados. Apresentam-se em paletes plastificadas de 50 sacos - 2 toneladas - de tara perdida.

## Análise Química

	<u>Fórmula</u>	<u>Percentagem</u>
Óxido de cálcio	CaO	55.31
Óxido de Magnésio	MgO	0.36
Óxido de Ferro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.056
Óxido de Alumínio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.092
Sílica	SiO <sub>2</sub>	0.13
Óxido de Potássio	K <sub>2</sub> O	0.02
Enxofre total	S	0.02
Fósforo	P	0.0011
Perda ao rubro (1000 ° C)		43.97
Cobalto	Co	0.0006
Manganês	Mn	0.0035
Carbonato de Cálcio	CaCO <sub>3</sub>	98.67
Carbonato de Magnésio	MgCO <sub>3</sub>	0.75
Sulfato de Cálcio	CaSO <sub>4</sub>	0.09

**Valor Neutralizante (NP 1048-2)**  
FP 351 CC 01

**96**

01/06/2010



**Lusical – Companhia Lusitana de Cal, S.A. sociedade Balthazard & Cotte, membro do Grupo Lhoist**

Valverde - 2025-201 Alcanede - Portugal

Telefone (+351) 243 409 040 – Fax (+351) 243 400 474 - E-mail: [info.lusical@lhoist.com](mailto:info.lusical@lhoist.com)

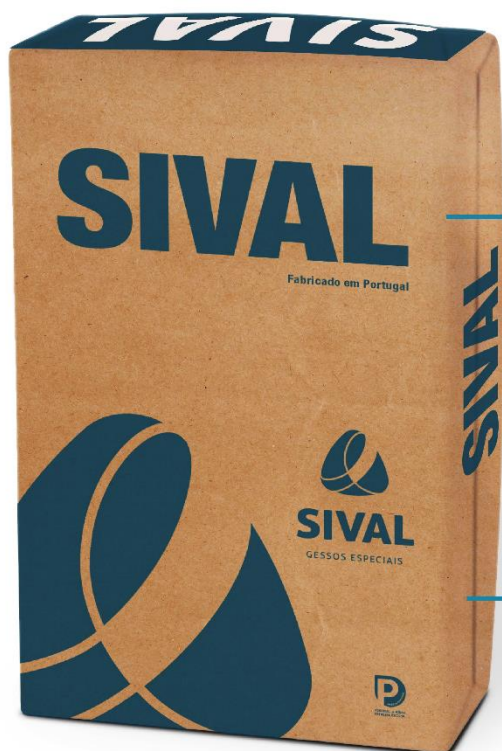
Sociedade anónima - Capital Social 5.795.000 € – Contribuinte N.º PT 502 146 370 - Conserv. do Registo Comercial de Santarém sob o n.º 502146370







## GESSO HIDRATADO AGRÍCOLA



### DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O GESSO HIDRATADO AGRÍCOLA é constituído por sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### EMBALAGEM

Sacos de 25 kg, *big bags* ou granel.

### UTILIZAÇÃO

Recomendado para a correção de solos agrícolas.  
Aplicação manual.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Humidade: < 5,0 %

Composição Química

Pureza (teor em  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ): ~ 90%

$\text{H}_2\text{O}$  total: > 18,0%

$\text{CO}_2$ : < 4,0%

$\text{SO}_3$ : > 40,0%

$\text{SiO}_2$ : < 2,5%

$\text{CaO}$ : > 32,0%

$\text{MgO}$ : < 2,5%

$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ : < 1,5%

$\text{NaCl}$ : < 1,5%

Granulometria:

> 4 mm: 5 % (Máx.)

Entre 0,5 - 4 mm: 55% (Mín.)

< 0,5 mm: 40% (Máx.)

Uma vez que as condições de manuseamento e aplicação dos nossos produtos estão fora do nosso controlo, a nossa responsabilidade limita-se unicamente à qualidade dos mesmos, não contemplando qualquer anomalia decorrente do seu uso inadequado.

**Anexo XIII** – Valores de pH em diferentes pontos das parcelas das culturas da vinha e do amendoim.

Cultura	Amostra	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)
Vinha	Pegões 1	4,9	4,3
	Pegões 2	5,1	4,3
	Pegões 3	5,4	4,4
Amendoim	Coruche 1	6,0	5,3
	Coruche 2	5,9	5,1
	Coruche 3	7,1	6,0
	Coruche 4	7,3	6,2
	Coruche 5	6,5	5,9
	Coruche 6	6,7	5,9

**Anexo XIV** – Quantidade de calcário (t/ha) necessária para corrigir a acidez até pH (H<sub>2</sub>O) cerca de 6,5 ou pH (KCl) cerca de 5,5 (Santos, 2015).

pH		Matéria orgânica (%)						Classes de textura
KCl	H <sub>2</sub> O	> 5	4 a 5	3 a 4	2 a 3	1 a 2	0,5 a 1	
< 4,0	> 4,5	18	15	12,5	10	7,5	5	II
		16	14	11,5	9	6,5	4	I
4,1 - 4,3	4,5 - 5,0	14	12	10	8	6	4	II
		12	11	9	7	5	3	I
4,4 - 4,7	5,1 - 5,5	10	9	7,5	6	4,5	3	II
		9	8	6,5	5	3,5	2	I
4,8 - 5,1	5,6 - 6,0	7	6	5	4	3	2	II
		6	5	4	3	2	1	I
5,2 - 5,5	6,1 - 6,5	4	3	2,5	2	1,5	1	II
		3	2,5	2	1,5	1	0,5	I

Classe I - Solos de textura grosseira

Classe II - Solos de textura média e fina

**Anexo XV** – Classificação da capacidade de troca catiónica (CTC), grau de saturação em bases (GSB) e bases de troca do solo.

Classificação	GSB (%)	CTC (cmol+/kg)	Bases de troca (cmol+/kg)			
			Ca	Mg	K	Na
Muito baixa	< 21	< 5,1	< 2,1	< 0,6	< 0,1	< 0,1
Baixa	21 - 40	5,1 - 10,0	2,1 - 5,0	0,6 - 1,0	0,1 - 0,25	0,1 - 0,25
Média	41 - 60	10,1 - 20,0	5,1 - 10,0	1,1 - 2,5	0,26 - 0,50	0,26 - 0,50
Alta	61 - 80	20,1 - 40,0	10,1 - 20,0	2,6 - 5,0	0,51 - 1,0	0,51 - 1,0
Muito alta	> 80	> 40	> 20,0	> 5,0	> 1,0	> 1,0

Adaptado de Alves (1986); citado em LQARS (2006).

**Anexo XVI** – Classificação do grau de saturação do solo em Ca, Mg e K.

Bases de troca	Grau de saturação (%)		
	Baixo	Médio	Alto
<b>Ca</b>	< 60	60 a 80	> 80
<b>Mg</b>	< 10	10 a 20	> 20
<b>K</b>	< 1	1 a 5	> 5

Adaptado de Alves (1986); citado em LQARS (2006).

**Anexo XVII** – Relação Ca/Mg mais favorável à nutrição vegetal e seu efeito sobre algumas propriedades físicas do solo.

Classificação	Relação Ca/Mg	Apreciação
Muito baixa	< 1,5	Muito desfavorável para as propriedades físicas do solo
Baixa	1,6 - 2,5	Desfavorável para as propriedades físicas do solo
Média	2,6 - 4,0	Adequada
Alta	4,1 - 8,0	Desfavorável para a nutrição da planta em Mg
Muito alta	> 8,0	Muito desfavorável para a nutrição da planta em Mg

Adaptado de Anônimo (1981); citado em LQARS (2006).

**Anexo XVIII** – Médias de Fósforo extraível (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ext), Potássio extraível (K<sub>2</sub>O ext) e Magnésio extraível (Mg ext), expressos em mg/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano.

Modalidade	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ext	K <sub>2</sub> O ext	Mg ext
	(mg/kg)		
A	183,8 a	113,3 a	169,7 a
B	173,7 a	105,8 a	170,7 a
C	<b>204,3 a</b>	109,9 a	172,9 a
D	196,0 a	100,0 a	174,9 a
E	199,2 a	<b>121,2 a</b>	180,4 a
F	181,9 a	107,8 a	170,0 a
G	185,5 a	104,7 a	<b>186,8 a</b>
DP	9,7	12,6	6,3
Valor-p	0,321	0,933	0,449

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

**Anexo XIX** – Médias de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Sódio (Na) de troca e Acidez de troca, expressos em cmol(+)/kg, em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano.

Modalidade	Ca	Mg	K	Na	Acidez
(cmol+/kg)					
A	6,10 a	1,40 a	0,24 a	<b>0,21 a</b>	0,08 a
B	5,67 a	1,40 a	0,22 a	0,20 a	<b>0,09 a</b>
C	5,47 a	1,42 a	0,23 a	0,20 a	<b>0,09 a</b>
D	<b>6,20 a</b>	1,44 a	0,21 a	<b>0,21 a</b>	<b>0,09 a</b>
E	5,96 a	1,48 a	<b>0,26 a</b>	0,20 a	<b>0,09 a</b>
F	5,93 a	1,40 a	0,23 a	0,19 a	0,06 a
G	5,52 a	<b>1,54 a</b>	0,22 a	<b>0,21 a</b>	<b>0,09 a</b>
DP	0,26	0,05	0,03	0,01	0,01
Valor-p	0,355	0,449	0,933	0,693	0,090

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

**Anexo XX** – Médias de SBT e CTCe (cmol+/kg) em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano.

Modalidade	SBT	CTC
(cmol+/kg)		
A	7,9 a	8,0 a
B	7,5 a	7,6 a
C	7,3 a	7,4 a
D	<b>8,1 a</b>	<b>8,2 a</b>
E	7,9 a	8,0 a
F	7,7 a	7,8 a
G	7,5 a	7,6 a
DP	0,3	0,3
Valor-p	0,472	0,470

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

**Anexo XXI** – Médias dos Graus de saturação em Cálcio, Magnésio e Sódio (% CTCe) em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano.

Modalidade	Ca	Mg	K	Na	GSB
(% CTCe)					
A	<b>75,9 a</b>	17,4 a	3,0 a	2,6 a	98,9 a
B	74,6 a	18,6 a	3,0 a	2,6 a	98,9 a
C	73,7 a	19,2 a	<b>3,2 a</b>	<b>2,8 a</b>	98,8 a
D	75,9 a	17,8 a	2,6 a	2,5 a	98,9 a
E	74,5 a	18,7 a	<b>3,2 a</b>	2,5 a	98,9 a
F	75,7 a	18,1 a	2,9 a	2,5 a	<b>99,2 a</b>
G	72,8 a	<b>20,4 a</b>	3,0 a	2,7 a	98,8 a
DP	1,0	0,8	0,3	0,1	0,1
Valor-p	0,226	0,214	0,882	0,559	0,153

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

**Anexo XXII** – Médias das Relações Ca/Mg, Ca/K e K/Mg em cada modalidade de ensaio, na cultura do amendoim: A – Physiolith médio; B – Physiolith máximo; C – Physiolith mínimo; D – Testemunha; E – Gesso; F – Calcário calcítico; G – Calcário magnesiano.

Modalidade	Ca/Mg	Ca/K	K/Mg
-			
A	<b>4,4 a</b>	25,9 a	<b>0,17 a</b>
B	4,0 a	25,5 a	0,16 a
C	3,9 a	24,3 a	0,16 a
D	4,3 a	<b>29,4 a</b>	0,15 a
E	4,0 a	27,0 a	<b>0,17 a</b>
F	4,3 a	26,1 a	0,16 a
G	3,6 a	25,0 a	0,15 a
DP	0,2	2,1	0,02
Valor-p	0,211	0,724	0,888

DP – desvio padrão da média; Valor-p – probabilidade do teste F. Letras diferentes ao longo da coluna correspondem a médias significativamente diferentes (teste LSD,  $\alpha=0,05$ ). N=4.

**Anexo XXIII** – Valores de referência para interpretação da análise foliar na cultura da vinha.

Macronutrientes (g/kg)					
N	P	K	Ca	Mg	S
9,0 - 12,0	2,0 - 4,0	15,0 - 25,0	13,0 - 28,0	3,0 - 6,0	-
Micronutrientes (mg/kg)					
Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
-	> 15	> 25	> 25	> 5	25 - 45

Adaptado de: Pacheco et al. (1993); Veloso et al. (1998); Veloso et al. (1999); citado em LQARS (2006). Valores referidos à matéria seca a 100-105 °C.

**Anexo XXIV** – Valores de referência para interpretação da análise foliar na cultura do amendoim.

Macronutrientes (g/kg)					
N	P	K	Ca	Mg	S
35,0 - 45,0	2,50 - 5,00	17,0 - 30,0	12,5 - 20,0	3,0 - 8,0	2,0 - 3,5
Micronutrientes (mg/kg)					
Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
-	60 - 300	5 - 20	25 - 60	60 - 350	25 - 60

Adaptado de Jones et al. (1991).